

IN SITU -KONSERVOINTI MERIARKEOLOGISILLA HYLKYKOHTEILLA

Helsingin yliopisto

Humanistinen tiedekunta

Filosofian, historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos

Arkeologian oppiaine

Pro gradu -tutkielma

Rami Kokko

Tammikuu 2014

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSTAVOITTEET JA KYSYMYKSENASETTELU	6
3. TUTKIMUSKIRJALLISUUS	8
4. TERMIT JA KÄSITTEET	9
5. LAINSÄÄDÄNTÖ JA KANSAINVÄLISET SOPIMUKSET	11
6. LUONNOLLISET JA KULTTUURISET HAITTATEKIJÄT	15
7. YLEISIMMÄT <i>IN SITU</i> -STABILOINTIMENETELMÄT	17
7.1. Peittäminen	17
7.1.1. <i>William Salthouse</i> (1841)	18
7.2. Uudelleen hautaaminen	20
7.2.1. <i>San Juan</i> (1565)	21
7.3. Katodinen suojaus	23
7.3.1. <i>HMS Sirius</i> (1790)	26
7.3.2. <i>Resurgam</i> (1880)	28
8. <i>IN SITU</i> -SÄILYTYS	30
8.1. <i>Vrouw Maria</i> (1771)	31
8.1.1. Hylyltä vuonna 2010 nostettu puunäyte	33
8.1.1.1. Puun kosteuspitoisuus, tiheys ja kutistuminen	36
8.1.1.2. Puun stabilointikokeet	37
8.1.2. Tulosten tarkastelu	40
8.1.2.1. Kosteuspitoisuus, tiheys ja kutistuminen	40
8.1.2.2. PEG 1500	46
8.1.2.3. PEG 600 / PEG 1500 (Two-step)	48
8.1.2.4. Sukroosi	49
9. PITKÄAIKAINEN <i>IN SITU</i> -SÄILYTYS – MAHDOLLISTA VAI MAHDOTONTA?	53
10. ERI MENETELMIEN VERTAILU	61
11. YHTEENVETO	67
LÄHTEET	69
LIITTEET	76

1. JOHDANTO

Pro gradu -tutkielmani käsittelee meriarkeologisen löytömateriaalin, erityisesti vedenalaisten hylkykohteiden ja hylkyesineistön *in situ* -konservointia ja -säilytystä. *In situ* -konservointimenetelmiä on sovellettu useilla vedenalaiskohteilla ympäri maailmaa 1970-luvun lopulta lähtien. Uusia menetelmiä kehitetään jatkuvasti sekä epäorgaanisen että orgaanisen materiaalin säilyttämiseksi alkuperäisellä löytöpaikallaan veden alla. Vedenalaisia konservointimetoodeja voidaankin pitää verrattain edullisina vaihtoehtoina esinenostoille ja perinteisille laboratorio-olosuhteissa suoritettaville konservointikäsittelyille niillä kohteilla, joilla edellytykset konservoinnin onnistumiselle *in situ* ovat olemassa.

Valtaosa näistä kohteista on historiallisen ajan hylkyjä, jotka muodostavat suurimman osan vedenalaisista muinaisjäännöksistä. 1970-luvun lopulla Australiassa otettiin käyttöön mittausmenetelmät hylkykohteilla hiljalleen tuhoutuvien meriarkeologisten metalliesineiden ja hylkyosien korroosiotilan selvittämiseksi (MacLeod, 1981). Tutkimustuloksia on käytetty hylkykohteiden hallinnointi- ja suojelutyön tukena, suurimmassa tuhoutumisriskissä olevien esineiden identifioimisessa ja arvioitaessa niiden pitkäaikaista säilymistä meriolosuhteissa.

Viime vuosina korroosiomittauksilla on selvitetty modernimpien materiaalien, kuten toisessa maailmansodassa alas ammuttujen alumiinirunkoisten lentokoneiden ja sotahistoriallisesti merkittävien taistelulaivojen korroosiotilaa (MacLeod, 2006; Russell *et al*, 2006). Teknisten sovellusten ja mittausmetodien kehityksen myötä meriarkeologisille metalliesineille ja jopa kokonaisille teräsrunkoisille hylkyille on voitu soveltaa *in situ* -konservointitoimenpiteitä korroosion ehkäisemiseksi (mm. MacLeod, 1987, 1989, 1996a-b, 1998a-b; Gregory, 1999, 2000; Kokko, 2012).

Myös arkeologisilla hylkykohteilla yleisimmän materiaalin, puun, säilymistä on voitu edistää *in situ* -menetelmin, jolloin kalliisiin vedenalaisiin kaivaus- ja nosto-operaatioihin ja pitkäkestoiisiin laboratoriokonservointikäsittelyihin ei ole ollut tarpeen ryhtyä. Yksi mittavimmasta *in situ* -operaatioista on ollut vuonna 1985 Kanadan Red Bayssä suoritettu 1500-luvun valaanpyyntialuksen puurakenneosien pitkäaikainen säilyttäminen merenpohjaan uudelleen hautaamalla (Delgado *et al*, 1997; Stevens &

Waddell, 1987; Waddell, 1994).

Tutkimuksellisesta näkökulmasta *in situ* -konservointi tarjoaa mielenkiintoisen ja alati kehityspotentiaalia omaavan tieteenhaaran, jossa yhdistyvät sekä meriarkeologinen tutkimustyö, konservointi että useat eri luonnontieteet vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelun ja säilytyksen edistämiseksi. Myös monet kansainväliset vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelua koskevat sopimukset ja suositukset painottavat vedenalaisen kulttuuriperinnön säilyttämistä ensisijaisesti *in situ*.

In situ -konservoinnissa tietämys paikallisista ympäristöolosuhteista ja ”mikroympäristöistä” on ollut alun alkaen fundamentaalisen tärkeää. Esineiden hajoamista voidaan ehkäistä toimilla, joissa on otettu huomioon tietämys ympäristön kemiallisista ja fysikaalisista prosesseista (MacCarthy, 1982: 49-50). Ympäristöolosuhteet, kohteen sijainti, tyyppi ja kerroksellisuus voivat kuitenkin rajoittaa eri konservointimenetelmien soveltamista käytännössä, joten *in situ* -konservointi ei välttämättä sovellu kaikille suojelua ja aktiivista konservointia tarvitseville hyllyille. Näissä tapauksissa vain oikeaoppisesti suoritettut vedenalaiskaivaukset, esinenostot ja laboratoriokonservointimenetelmät voivat edistää kohteen ja esineistön pitkäaikaista säilymistä.

Käytännön meriarkeologisen kenttätutkimustyön näkökulmasta *in situ* -säilytyksen priorisointi voidaan nähdä myös uhkana kajoavien tutkimusmetodien kehitykselle; kohteesta saatava arkeologinen informaatio voi jäädä niin ikään rajalliseksi, mikäli tutkimus rajoitetaan vain ei-kajoavaan dokumentointiin tai kaukokartoitusmenetelmien käyttöön. Seurauksena saattaa olla ”perinteiselle” arkeologialle tyypillisten kajoavien tutkimus- ja konservointimenetelmien käytön väheneminen ja alan metodisen kehityksen pysähtyminen.

Vedenalainen ympäristö tekee meriarkeologisesta tutkimustyöstä haasteellista, pitkäkestoista ja kallista, eikä kenttätutkimuksia voida aina suorittaa yhtä tarkasti kuin maanpäällisillä kaivauksilla tai laboratorio-olosuhteissa. Eri tutkimusvaihtoehtoja punnittaessa onkin syytä miettiä tarkoin, mikä kohteen tieteellinen arvo on, ja millä resursseilla ja menetelmillä tämä tieto saadaan parhaiten tutkittua ja tallennettua. Mikäli kohteen arkeologiseen kaivaukseen ja nostoon katsotaan olevan tieteelliset perusteet, ja

rahoitus nostoon, konservointiin ja museointiin on taattu, ristiriitaa kansallisen lainsäädännön ja kansainvälisten *in situ* -säilytystä ja -suojelua priorisoivien suositusten kanssa ei ole. Kuten tutkielmassani tulen esittämään, fyysisten, kemiallisten ja biologisten haittatekijöiden täydellinen eliminoiminen on pitkällä aikavälillä kuitenkin mahdotonta, ja vain oikeaoppisilla *in situ* - tai *ex situ* -konservointitoimenpiteillä ja säilytysolosuhteiden optimoinnilla voidaan kohteen tai esineen elinkaarta pidentää.

2. TUTKIMUSTAVOITTEET JA KYSYMYKSENASETTELU

Tutkielmani toimii johdantona *in situ* -konservoinnin eri osa-alueisiin. Käsittelen aiheitani laaja-alaisesti meriarkeologisten hylkykohteiden *in situ* -konservoinnin ja -suojelun eri ”tasoilla”; yleisimpien metodien ja yksityiskohtaisempien case study -analyysitulosten esittelyn lisäksi pohdin kriittisesti hylkykohteiden konservointiin ja suojeluun liittyviä hallinnollisia ja eettisiä näkökantoja erityisesti niiden pitkäaikaisen säilytyksen ja suojelun kannalta.

Tutkielmani alussa käyn läpi yleisimmät termit ja käsitteet, joita *in situ* -konservoinnin yhteydessä usein käytetään. Esittelen lisäksi yhteenvedon oleellisimmista vedenalaisen kulttuuriperinnön lainsäädäntöön ja suojeluun liittyvistä sopimuksista ja suosituksista, joiden avulla nykyaikaista vedenalaisen kulttuuriperinnön tutkimus- ja suojelutyötä pyritään ohjaamaan entistä systemaattisemmaksi, ammattimaisemmaksi ja kansainvälisemmäksi. Kaikissa näissä sopimuksissa ja suosituksissa painotetaan *in situ* -suojelun merkitystä vedenalaisten kulttuuriperintökohteiden vaalimisessa. Kansainvälisellä yhteistyöllä ja yhteisiä sopimuksia noudattamalla myös kansainvälisillä merialueilla sijaitsevien kulttuuriperintökohteiden suojelua pyritään tehostamaan.

Meriarkeologisten kohteiden säilymistä *in situ* uhkaavat sekä luonnolliset että kulttuuriset, ihmistoiminnasta aiheutuvat, häiritsevät tekijät. Näitä tekijöitä käsittelen yleisellä tasolla 6. luvussa. Erityyppisiä *in situ* -konservointimenetelmiä sekä kohteiden säilymiseen vaikuttavia biologisia, kemiallisia ja fyysisiä olosuhdetekijöitä käsittelen tarkemmin 7. luvussa esimerkkitapausten yhteydessä. Esittelen pääsääntöisesti pitkäaikaisesti tutkittuja ja dokumentoituja tutkimuskohteita, joilta on kertynyt vertailevaa tutkimusaineistoa usean vuoden ajalta. Kerron tiivistetysti mitä menetelmiä kyseisillä kohteilla on käytetty ja minkälaisia tuloksia niillä on saavutettu. Tutkielmassani vertaan *in situ* -olosuhteissa saavutettuja tuloksia myös perinteisiin laboratoriokonservointikäsittelyihin.

Saaristomerelle vuonna 1771 uponnutta *Vrouw Maria* -hylkyä käsittelevässä case study -osiossa paneudun yksityiskohtaisemmin vettyneen hylkymateriaalin konservointiin ja säilyvyyteen esittelemällä vuonna 2010 Museoviraston *Vrouw Maria* veden alla -

hankkeen yhteydessä hylystä nostetusta puunäytteestä tekemäni kuntokartoitus- ja stabilointitestien tulokset. Pyrin kuitenkin säilyttämään kansantajuisen lähestymistavan tutkimustulosten esittelyssä, vertailussa ja analysoinnissa. Tulen myös esittämään omia näkemyksiäni *Vrouw Maria* -hylyn tulevaisuuden eri vaihtoehtoista puun kuntokartoitustestien ja stabilointikokeiden tulosten pohjalta.

Lähdeaineistoa ja esimerkkitapauksia referoimalla ja vertailemalla pyrin lopuksi analysoimaan kriittisesti *in situ* -konservointi- ja -säilytysmenetelmien soveltuvuutta ja tehokkuutta vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa, ja sitä miten nykyiset kansainväliset sopimukset ja suositukset ovat vaikuttaneet meriarkeologisen tutkimuksen, konservoinnin ja suojelun kehitykseen.

Tutkielmani tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä ovat: voidaanko *in situ* -konservointimenetelmillä saavuttaa laboratoriokonservoinnin vertaisia tuloksia meriarkeologisen materiaalin stabiloinnissa? Mitkä ovat *in situ* -konservoinnin ja -säilytyksen heikkoudet ja vahvuudet vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa? Ovatko kansainväliset *in situ* -säilytystä priorisoivat suositukset ja sopimukset edistäneet historiallisesti merkittävien hylkykohteiden suojelua? Mitä viime vuosina tehtyjen kuntokartoitustestien tulokset kertovat *Vrouw Maria* -hylyn nykykunnosta *in situ*, ja miten tuloksia voidaan hyödyntää hylyn jatkotutkimuksia, *in situ* -säilytystä tai mahdollista nostoa ja konservointia suunniteltaessa?

3. TUTKIMUSKIRJALLISUUS

Tutkimuksessani käyttämäni kirjallisuus koostuu pääasiallisesti yksittäisistä tieteellisistä artikkeleista, joita on julkaistu meriarkeologian ja konservointialan konferenssi- ja kausijulkaisuissa. Esimerkiksi vuoden 2006 ICOMOS-julkaisuun, *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*, on koottu useita pitkäaikaisia ja merkittäviä *in situ* -konservointiin ja -säilytykseen liittyviä esimerkkitapauksia, joita olen käyttänyt myös omien argumenttien ja näkemysten tukemiseen.

Syvänmeren hylkykohteiden osalta arkeologista kirjallisuutta on vielä hyvin niukalti saatavilla. Tutkielmassani käsittelen kuitenkin myös syvänmeren arkeologisia kohteita ja niiden tutkimuksia, joissa myös kaupallista meriarkeologiaa harjoittavilla toimijoilla on näkyvä osa. Lisäksi käsittelen kulttuuristen uhkatekijöiden, kuten teollisen kalastuksen ja hyllynryöstelyn vaikutusta vedenalaisen kulttuuriperinnön säilymiseen. Tutkielmani 9. luvussa viittaankin Helsingin Sanomissa uutisoituihin Suomen vesialueilla tapahtuneisiin hyllynryöstötapahtumiin ja eettisesti kyseenalaisiin hylkytutkimuksiin.

Kriittisen näkemyksen meriarkeologisten kohteiden pitkäaikaista *in situ* -säilymistä vastaan antaa kaupallisiin syvänmeren tutkimuksiin erikoistuneen yhdysvaltalaisen Odyssey Marine Exploration Inc. -yhtiön *Oceans Odyssey* -teos vuodelta 2010. Robert Ballardin *Archaeological Oceanography* -teoksessa (2008) yhdistyy merentutkimustiede ja syvänmeren meriarkeologia, joihin vain harvat akateemiset instituutiot pystyvät nykypäivänä panostamaan korkeista tutkimuskustannuksista johtuen.

Vrouw Maria -hylkyyn liittyvä kirjallisuus koostuu pääosin Museoviraston julkaisuista ja tutkimusraporteista. Olen myös referoinut Helsingin yliopiston tutkija Veijo Kinnusen pro gradu -tutkielmaa vuodelta 2008 ja tohtori Kari Steffenin johtaman tutkimusryhmän tutkimustuloksia *Vrouw Marian* puun mikrobiologisten kuntoselvitysten osalta.

4. TERMIT JA KÄSITTEET

Konservoinnilla pyritään eliminoimaan esineeseen kohdistuvat kemialliset, biologiset ja fyysiset haittavaikutukset ja vakauttamaan, 'stabiloimaan', esine, jotta se säilyttäisi arkeologisen ja historiallisen informaationsa mahdollisimman pitkään. Myös kokonaisia hylkykohteita voidaan stabiloida *in situ*. Stabilointi on konservoinnin päätavoite sekä *in situ* -menetelmiä että laboratoriokäsittelyjä sovellettaessa.

Termi '*in situ*' tarkoittaa latinaksi ”kohteella” tai ”paikan päällä”. Arkeologiassa ja konservoinnissa *in situ* viittaa esineen tai kohteen alkuperäiseen, maanpäälliseen tai vedenalaiseen sijaintipaikkaan. *In situ* -konservoinnilla tarkoitetaan siten konkreettisia kohteella suoritettavia toimenpiteitä, joilla arkeologisia hylkykohteita tai esineitä voidaan suojata haitallisia ympäristötekijöitä ja potentiaalisesti vahingollista ihmistoimintaa vastaan.

Termiä '*in situ* -säilytys' käytetään usein synonyyminä *in situ* -konservoinnin kanssa. *In situ* -säilytys on käsitteenä kuitenkin laajempi, viitaten sekä konkreettisiin kentällä suoritettaviin ja esineen säilymistä edesauttaviin konservointitoimenpiteisiin että passiiviseen, lähtökohtaisesti ei-kajoavaan lähestymistapaan. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa kohteeseen kajoamista pyritään välttämään tai minimoimaan esimerkiksi kohteen eheyden ja säilymisen kannalta suotuisten ympäristöolosuhteiden perusteella.

Yksittäisen hylkykohteen *in situ* -säilytyksessä saatetaan myös yhdistää molempia lähestymistapoja ja suorittaa aktiivisia konservointitoimenpiteitä vain tietyille esineelle, esineryhmälle tai hylynosalle. *In situ* -säilytys on myös nykyaikaisissa kansainvälisissä sopimuksissa ja ohjeistuksissa priorisoitu lähestymistapa vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa. Sitä pidetään vaihtoehtona meriarkeologisten kohteiden kaivauksille, esinenostoille ja museoinnille.

'*In situ* -suojelulla' viitataan vedenalaisen kulttuuriperinnön suojeluun laajemman hallinnollisen suojelutyön ja strategisen toimintamallin sekä lainsäädännön näkökulmasta. *In situ* -suojelussa painotetaan arkeologisten kohteiden säilyttämistä ensisijaisesti löytöpaikoillaan *in situ* -konservoinnin, -säilytyksen ja -esittelyn keinoin. Näistä jälkimmäinen voi käsittää esimerkiksi nykyaikaista 3D-visualisointia kohteen

saavuttavuuden ja esiteltävyyden parantamiseksi. *In situ* -suojelua käytetään usein kuvaamaan kaikkia edellä mainittuja suojelutyön osa-aloja tai vain osaa niistä.

Meriarkeologisen materiaalin synonyyminä käytän myös termiä 'vettynyt materiaali', joka kuvastaa esineen/materiaalin fyysisessä tilassa tapahtunutta muutosta pitkäkestoisen vedelle altistumisen jälkeen

5. LAINSÄÄDÄNTÖ JA KANSAINVÄLISET SOPIMUKSET

Vedenalaisten kulttuuriperintökohteiden suojelua tukevat sekä kansalliset lait ja asetukset että kansainväliset sopimukset ja suositukset. Kulttuurihistoriallisesti merkittävien vedenalaiskohteiden suojelutyössä painotetaan nykyisin entistä enemmän kohteiden tutkimusta ei-kajoavin menetelmin ja niiden säilyttämistä ensisijaisesti alkuperäisellä löytöpaikallaan *in situ*.

Suomen muinaismuistolain mukaan (Muinaismuistolaki 295/1963, 16.§ ja 20.§) merestä tai vesistöistä tavatut laivan hylät, muut aluksen hylät ja hylän osat, jotka voidaan olettaa vähintään sata vuotta vanhaksi, on rauhoitettu. Hylästä ja sen osasta on soveltuvien osien voimassa, mitä kiinteästä muinaisjäännöksestä on säädetty. Myös vedestä löydetty irtaimet esineet, esineen osat tai oletetusti hylästä peräisin olevat esineet kuuluvat lunastuksetta valtiolle ja rinnastetaan soveltuvien osien rauhoitettuihin irtaimiin muinaislöytöihin.

Muinaismuistolain mukaan kaavoitustyöstä tai vesirakennushankkeesta vastaavan tahon on selvitettävä hyvissä ajoin tuleeko hanke koskemaan kiinteää muinaisjäännöstä (13.§). Hankkeen toteuttaja vastaa yleensä kokonaisuudessaan kiinteän muinaisjäännöksen tutkimuksista aiheutuneista kuluista (15.§).

YK:n merilaki, UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea), astui voimaan vuonna 1994. Vuonna 2012 sopimuksen oli allekirjoittanut 164 jäsenvaltiota ja Euroopan Unioni. YK:n merilaissa määritetään valtioiden oikeudet ja velvollisuudet merten ja valtamerten rauhanomaisessa hyödyntämisessä. Laki painottaa kansainvälisen yhteistyön merkitystä merten luonnonvarojen hyödyntämisessä, tutkimuksessa ja suojelussa. Lain 149. artiklan mukaan kaikki merenpohjalta löydetty historialliset ja arkeologiset esineet tulee säilyttää koko ihmiskunnan hyödyksi. Oikeudet esineisiin ovat ensisijaisesti valtiolla, jonka alueelta esineet on löydetty, tai valtiolla, joka omaa saman kulttuurisen, arkeologisen tai historiallisen alkuperän.

Tarkistettu eurooppalainen yleissopimus arkeologisen perinnön suojelusta (26/1995) painottaa arkeologisen perinnön merkittävyyttä koko ihmiskunnan historian tietämyksessä. Sopimuksen 1. artiklan mukaan arkeologiseen perintöön katsotaan

kuuluvaksi rakenteet, rakennelmat, rakennusryhmät, asuinpaikat, irtaimet esineet ja muut muistomerkit sekä niiden ympäristö riippumatta siitä sijaitsevatko ne maalla vai veden alla. Arkeologisen perinnön ensisijaisia tietolähteitä ovat kaivaukset, tutkimukset ja muut ihmiskunnan ja sen ympäristön tutkimusmenetelmät. Arkeologista perintöä suojellaan ja ylläpidetään mieluiten alkuperäisessä ympäristössään, ja alkuperäiseltä paikaltaan siirretyille arkeologisille jäännöksille järjestetään asianmukaiset säilytystilat (4. artikla).

Sopimuksen johdannossa esitetään suurimmat uhat arkeologisen perinnön säilymiselle: yhä laajamittaisempi maankäytön suunnittelu, luonnon aiheuttamat uhkatekijät, luvattomat tai epätieteelliset kaivaukset sekä riittämätön yleinen tietoisuus. Sopimuspuolet sitoutuvat tehostamaan arkeologisen perinnön suojelua erityisesti arkeologien ja maankäytön suunnittelijoiden yhteistyön kautta, ja sitoutuvat lisäksi parantamaan tiedonvaihtoa ja valistustyötä niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin.

ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) on kansainvälinen, hallituksista riippumaton historiallisten kohteiden suojeluun erikoistunut järjestö, joka koostuu useiden eri tieteenalojen asiantuntijakomiteoista. Vedenalaisesta kulttuuriperinnöstä vastaava komitea, ICOMOS International Committee on the Underwater Cultural Heritage (ICUCH), julkaisi vuonna 1996 julistuksen vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelusta ja hoidosta (ICOMOS Charter on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage). Julistus liitettiin myöhemmin UNESCON vuoden 2001 sopimuksen Annex-osaan, ja sitä on tämän jälkeen pidetty kansainvälisesti yleisesti hyväksyttynä vedenalaisen kulttuuriperinnön tutkimusetiikan ja -toiminnan ohjekirjana. ICOMOS-julistuksen peruseriaatteet julistuksen 1. artiklan mukaan ovat:

1. Vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelemista alkuperäisellä paikallaan tulisi pitää ensisijaisena vaihtoehtona.
2. Yleisön pääsyä kohteisiin tulisi edistää.
3. Kajoamattomia tekniikoita ja kajoamatonta tutkimusta sekä näytteiden ottoa tulisi suosia kaivausten sijasta.
4. Tutkimusten ei tule vaikuttaa vahingollisesti vedenlaiseen kulttuuriperintöön enempää kuin tutkimushankkeen tieteellisten tavoitteiden kannalta on välttämätöntä.

5. Tutkimuksissa tulee välttää tarpeetonta ihmisjäännöksiin tai pyhiin kohteisiin kajoamista.

6. Tutkimukseen tulee liittyä riittävä dokumentointi.

YK:n kasvatus-, tiede- ja kulttuurijärjestö UNESCO hyväksyi sopimuksen vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelusta Pariisissa marraskuussa 2001 (UNESCO-sopimus 2001). Sopimus astui voimaan tammikuussa 2009, jolloin yhteensä 33 jäsenvaltiota oli ratifioinut sopimuksen. Vuonna 2013 Belgiasta tuli 45. sopimuksen ratifioineesta maasta. Suomi ei ole ratifioinut sopimusta.

Sopimuksen tavoitteena on selkiyttää jäsenvaltioiden vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelun käytäntöjä luomalla yleisesti hyväksytyt toimintamallit suojelutyön ja tutkimuksen tueksi. Sopimuksella pyritään myös lisäämään jäsenvaltioiden yhteistyötä vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa. Sopimuksessa vedenalaiseksi kulttuuriperinnöksi luetaan kaikki ihmistoiminnasta peräisin olevat kulttuuriset, historialliset ja arkeologiset jäänteet, jotka ovat olleet veden alla, joko osittain tai kokonaan, vähintään sadan vuoden ajan.

Sopimuksen pääperiaatteet korostavat jäsenmaiden velvollisuutta vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelun edistämisessä, *in situ* -suojelun priorisoinnissa (kohteiden säilyttämistä ensisijaisesti alkuperäisellä löytöpaikallaan) ja yleisön valistuksen, alan koulutuksen ja tiedonjakamisen lisäämisessä. Arkeologisen löytömateriaalin hyödyntämistä kaupallisessa mielessä ei pidetä hyväksyttävänä.

Sopimuksen tavoitteena on myös tehostaa kansainvälisillä vesialueilla olevien kohteiden suojelua. Sopimuksen liiteosaan (Annex) on kirjattu yksityiskohtaiset säännöt vedenalaisilla kulttuuriperintökohteilla suoritettavista toimenpiteistä, nykyisestä tutkimusetiikasta ja mm. vaatimuksista kirjallisiin selvityksiin ja tutkimusraportteihin liittyen (ICOMOS-julistus).

Itämerenmaiden vedenalaisen kulttuuriperinnön työryhmän kokoama suositus Itämeren vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelusta ja hallinnoinnista hyväksyttiin maaliskuussa 2008. Suosituksella pyritään tehostamaan ja yhtenäistämään Itämeren alueen

ainutlaatuisen vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelua ja hallinnointia ja lisäämään tietoisuutta ja alan koulutusta tästä poikkeuksellisen rikkaasta kulttuurivarannosta. COPUCH-suositus painottaa ammattimaisen arkeologisen toiminnan tärkeyttä vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa, tutkimuksessa ja hallinnoinnissa. Asiakirja myötäilee ICOMOS- ja UNESCO-suositusten pääperiaatteita, ja on tarkoitettu ohjeistukseksi vedenalaisen kulttuuriperintöalan asiantuntijoille, tutkijoille ja päättäjille.

6. LUONNOLLISET JA KULTTUURISET HAITTATEKIJÄT

In situ -konservointimenetelmien päämääränä on estää tai minimoida yhden tai useamman haittatekijän vaikutus arkeologiseen löytömateriaaliin vedenalaiskohteella. Haittatekijät voivat ilmetä osana biologisia, kemiallisia, fysikaalisia tai kulttuurisia prosesseja (Muckelroy, 1978; Laitinen, 2007), jotka vaikuttavat kohteen tilassa tapahtuviin dynaamisiin muutoksiin ja kohteen pitkäaikaiseen säilymiseen *in situ*. Arkeologisen todistusaineiston säilymiseen vaikuttavat kemialliset tekijät, jossain määrin sedimentin sisäinen mikrobiologia sekä maaperän olosuhteet että kohteen hydrologia (Corfield, 1996: 32). Mikäli kohteen tasapainotila häiriintyy luonnollisissa ympäristöolosuhteissa tapahtuvista muutoksista (esimerkiksi myrsky, muuttuvat virtaukset, radikaalit lämpötilanvaihtelut, jää) tai ihmistoiminnasta johtuen, kohde voi ajautua nopeaan hajoamiskiarteeseen, jolloin jäännökset saattavat tuhoutua kokonaan tai osittain (Bernier, 2006: 65).

Esineiden ja muun todistusaineiston pitkäaikainen säilyminen riippuu ympäristöstä, johon ne ovat hautautuneet sekä siitä miten vakaana ympäristöolosuhteet ovat pysyneet esineen hautautumisen jälkeen (Corfield, 1996: 32). Hapellisessa merivedessä biologiset organismit käyttävät orgaanista materiaalia ravinnoksi ja kasvualustanaan, jolloin merenpohjalla suojattomana olevat puuosat ja muut orgaaniset materiaalit voivat tuhoutua biologisen toiminnan seurauksena hyvinkin nopeasti. Dynaamisilla kohteilla virtaukset tai aallokko voivat liikuttaa pohjasedimenttiä niin voimakkaasti, että kohde kärsii liikkuvien sedimenttipartikkeleiden aiheuttamasta eroosiosta, jolloin kohde käytännössä kuluu vähitellen pois. Pohjasedimenttityypillä onkin suurin merkitys arkeologisten jäännösten säilymiseen veden alla (Muckelroy, 1998: 272; Oxley, 1998: 523). Kohteen luonnollista synergiaa, kuten merivirtauksia ja sedimentin liikkumista, voidaan myös hyödyntää kohteen stabiloimisessa peittämällä, kuten *William Salthouse* - hyllyn esimerkkitapauksessa esitän (Ks. 7.1.1).

Kulttuurisia eli ihmistoiminnan aiheuttamia riskitekijöitä vedenalaiskohteiden säilymiselle ovat muun muassa sukellustoiminta, hylynosiin ja irtaimiin esineisiin kajoaminen ja pahimmassa tapauksessa hylkyjen ryöstely. Myös huolimaton hylkykohteelle kiinnittyminen tai ankkurointi voi aiheuttaa mittavia vahinkoja. ”Matkamuistojen” keräilyn lisäksi myös tahaton kohteeseen kajoaminen esimerkiksi

puutteellisen sukellustaidon johdosta voi kiihdyttää hylkykohteen tuhoutumista (Staniforth, 2006: 54, 2007: 105). Vidukan mukaan (2006: 62) ihmisen aiheuttamat uhat ovat usein vähemmän dramaattisia kuin esimerkiksi pyörremyrskyjen, mutta ne voivat aiheuttaa merkittävää tuhoa kumulatiivisesti.

Teollinen kalastustoiminta, kuten pohjatroolaukset, sekä erityyppiset vesirakennus- ja ruoppaustyöt ovat ihmistoiminnan aikaansaamista äkillisistä uhkatekijöistä dramaattisimpia ja potentiaalisesti myös vahingollisimpia siinä missä äärimmäiset luonnonilmiötkin. Syvänmeren kohteetkaan eivät ole turvassa ihmistoiminnan aiheuttamilta tuhoilta; esimerkiksi 1990-luvulla lisääntyneet pienoissukellusvenevierailut lähes neljän kilometrin syvyydessä makaavalle *Titanic*-laivan hyllylle ovat selvästi nopeuttaneet sen hajoamista (Ballard, 2008: 259-261).

7. YLEISIMMÄT *IN SITU* -STABILOINTIMENETELMÄT

7.1. Peittäminen

Meriarkeologisten kohteiden peittämiseen on käytetty useita menetelmiä, joilla arkeologisen materiaalin säilymistä *in situ* on tehostettu sekä kohdealueen omaa luonnollista sedimenttikertymää että keinotekoisia suojamateriaaleja hyödyntämällä. Suojaavan sedimentin sisällä olevan hapettoman ja biologista toimintaa rajoittavan mikroympäristön lisäksi peittämisellä tavoitellaan myös fyysistä suojaa virtausten tai aallokon aiheuttamaa mekaanista rasitusta, eroosiota ja hylrynryöstelyä vastaan.

Yleisimmin tähän tarkoitukseen käytetty menetelmä on peittää hylky ja/tai esineistö hiekkasäkeillä, jotka edesauttavat sedimentin kasaantumista hyllyn päälle ja mahdollistavat anaerobisten olosuhteiden muodostumista sedimenttikerroksen alla. Hapettomat ja vettyneet olosuhteet estävät hajottajasienten ja -bakteerien toiminnan, joka muuten tuhoaisi orgaanisen materiaalin (Corfield, 1996: 32). Corfield tarkoittaa kuitenkin toteamalla (1996: 35), että kaikki hapettomat ympäristöt eivät ole samankaltaisia, ja erityyppiset olosuhteet heijastavat myös eriasteista säilyvyyttä.

Hylkyalueen sedimentoitumista ja säilymistä edesauttavien hapettomien olosuhteiden muodostumista voidaan edesauttaa asentamalla kohdealueen päälle verkkoja, jotka toimivat sedimenttiä sitovina elementteinä hyllyn päällä; hiekka, joka liikkuu hyllyn yli läpäisee verkon, asettuu paikalleen ja luo kohteelle anaerobisen ympäristön (Manders, 2006a: 60, 2006b: 72). Ehkä innovatiivisin keksintö on käyttää keinotekoisia meriruohomattoja hylkyalueen sedimentoitumisen edistämiseksi (Staniforth, 2006, 2007; Harvey, 1996). Peittäminen voi olla myös väliaikainen suoja kuten suojakangas tai pressu, jolla estetään kevyimpien, irtainten esineiden tai hyllynosien liikkuminen hylkyalueella esimerkiksi kaivausjaksojen välillä.

Käytän Etelä-Australian rannikolle vuonna 1841 uponnutta *William Salthouse* -parkkilaivan hylkyä ensimmäisenä esimerkkinä historiallisesti ja arkeologisesti merkittävästä hylkykohteesta, sitä vaurioittaneista luonnollisista ja kulttuurisista prosesseista, sekä menetelmistä, joilla näitä tekijöitä on pyritty eliminoimaan *in situ*. Esimerkkitapauksen tutkimushistoriatiivistelmässä olen referoinut teoksia Staniforth

1987, 2006, 2007 sekä Harvey, 1996.

7.1.1. *William Salthouse* (1841)

William Salthouse oli kuljettamassa Kanadan itärannikolta ruokatarvikkeita, alkoholia ja rakennusmateriaalia Etelä-Australiaan Victorian osavaltion Port Phillipin siirtokuntaan, kun se upposi Port Phillip Bayn suulle saatuaan pohjakosketuksen laskuvesivirtauksen ja voimakkaan lounaistuulen seurauksena. Suurin osa hylyn jäljellä olevista materiaaleista, kuten aluksen puiset runkorakenteet ja puutynnyrit, makaavat meren pohjalla suuren, noin kolme metriä korkean hiekkaharjanteen (dyynin) sisällä. Port Phillip Bayn suulla merenpohjalla nopeasti liikkuvat hiekkadyynit ovat voimakkaiden vuorovesivirtausten muodostamia, tosin vanhojen merikarttojen perusteella on voitu päätellä, että aikaisemmin vesi alueella on ollut matalampaa ja pohja meriruohokasvillisuuden peittämää. Muutokset merenpohjan topografiassa ja kasvillisuudessa on arvioitu aiheutuneen pääasiassa 1900-luvun ihmistoiminnasta, kuten läheisen laivaväylän ruoppaamisesta, simpukkakasvattamon perustamisesta ja Port Phillip Bayn vedenlaadun muutoksista.

Hylyn löytyminen vuonna 1982 teki siitä välittömästi suositun sukelluskohteen paikallisen virkistyssukellusyhteisön keskuudessa, ja matkamuiستojen keräily ja suoranainen hylynryöstely kohteella alkoi. Hylky suojeltiin joulukuussa 1982 Victorian osavaltion historiallisia hylkykohteita koskevan lain nojalla. Tästä huolimatta vandalismi jatkui ja vaaransi kohteen säilymisen ehyenä arkeologisena kokonaisuutena: yli kolmasosa hylyn kannen pinta-alasta tuhoutui, jolloin virtaukset veivät osan lastista mukanaan ja jäljellä oleva materiaali jäi alttiiksi vuorovesiliikkeen kuluttavalle vaikutukselle.

Hylylle julistettiin 250 metrin suoja-alue helmikuussa 1983, ja pian tämän jälkeen kohteella aloitettiin arkeologiset koekaivaukset aluksen jäljellä olevien runkorakenteiden ja esineiden kartoittamiseksi ja tuhoutumisvaarassa olevien esineiden ylösnostamiseksi. Näillä toimenpiteillä pyrittiin tehostamaan hylkykohteen hallinnointia jatkossa.

Hylky makaa noin 12 metrin syvyydessä ja on kooltaan noin 25 m x 8 m. Kohteelle

kaivettiin kaksi 2 m x 8 m kokoista koekaivantoa mammuttipumppujen avulla kohteen poikittaissuuntaan nähden: kaivausalue käsitti noin 20 % alueen kokonaispinta-alasta, ja kaivaukset pysäytettiin aina, kun kokonaisia tai ehjänä säilyneitä tynnyreitä tai muuta lastia tuli esiin. Koekaivaukset osoittivat, että vaikka kohteen tuhoutuminen oli ollut mittavaa, se oli rajoittunut vain 0 - 30 senttimetrin pintakerrokseen, jonka alapuolella lastitavara oli säilynyt koskemattomana.

Kaivausten jälkeen kohdetta seurattiin säännöllisesti. Vuonna 1984 huomattiin, että hiekan huuhtoutuminen pois hyllyn päältä oli vähentynyt, ja että hyllyn peräosa oli peittynyt kokonaan hiekalla. Yleisön suuresta kiinnostuksesta ja sukeltajien pyynnöstä sukellukset kohteelle sallittiin jälleen säännösteltyinä ja tiukkojen ehtojen puitteissa yhteistyössä paikallisten venekuljetusoperaattoreiden kanssa. Viranomaistahojen säännöllisesti suorittamien tarkastussukellusten perusteella kohde kärsi kuitenkin edelleen aloittelevien sukeltajien hallitsemattomasta tasapainotuksesta, hyllynosiin kajoamisesta sekä tahallisesta esineiden esiin kaivamisesta ja koskemisesta.

Vuosien 1985 ja 1987 välillä kohteella sovellettiin useita stabilointimenetelmiä, joilla pohjasedimentin kasaantumista hyllyn päälle pyrittiin tehostamaan. Hyllyn päälle asennettiin muiden muassa virtauksen poikkisuuntaan nähden pieniä rautaisia vahvistusaitoja, jotka edistivät hiekan ja levämattojen kasaantumista tiettyihin kohtiin hyllyn päälle. Toisissa paikoissa ne myös nopeuttivat hyllynosien paljastumista sedimentin sisältä. Hyllyn päälle pumpattiin lisäksi useita satoja tonneja hiekkaa ja asennettiin kangashiekkasäkkejä, mutta huonoin tuloksin: vuonna 1988 hylky jouduttiin jälleen sulkemaan yleisöltä.

Pysyvä ratkaisu sedimentin liikettä ja eroosiota vastaan saavutettiin asentamalla hylkykohteelle keinotekoisia meriruohomattoja, jotka oli alun perin kehitetty sitomaan liikkuvaa pohjasedimenttiä merenpohjalla makaavien öljynporauslauttarakennelmien ja putkistojen päälle. Vuonna 1990 yhteensä 24 kappaletta noin 1,5 - 2,5 neliömetrin kokoista ja rautatiekiskopaloilla painotettua meriruohomattoa asennettiin hylkyalueen ympärille. Sedimenttiä alkoi kasaantua hylkyalueelle välittömästi meriruohomattojen asentamisen jälkeen. Virkistyssukellukset sallittiin jälleen hylkyalueella vuonna 1993, kun kohdetta oli seurattu säännöllisesti kolmen vuoden ajan ja kohde oli peittynyt uudelleen suojaavalla sedimentillä.

Keinotekkoisten meriruohomattojen käyttö osoittautui *William Salthouse* -hylyllä kustannustehokkaaksi menetelmäksi, jolla kohde pystyttiin vakauttamaan ihmisen aiheuttamia ympäristömuutoksia vastaan estämällä suojaavan sedimenttikerroksen poishuuhtoutuminen ja liikkuvan sedimentin eroosiovaikutus hylkymateriaaliin.

7.2. Uudelleen hautaaminen

Koska hylkylöytöjä ja vedenalaisia rakenteita löydetään jatkuvasti lisää, tarvitaan myös uusia vaihtoehtoisia säilytys- ja stabilointimetodeja vettyneen puumateriaalin säilyttämiseksi (Gregory, 1998: 343). Tärkeä arkeologisilla kohteilla informaation keräämiseen sovellettava tekniikka, joka ei aiheuteta kohtuuttomia konservointi- ja säilytyskustannuksia, on dokumentoinnin jälkeen suoritettava materiaalin uudelleen hautaaminen (Oxley, 1998: 525).

Uudelleen hautaaminen (engl. *reburial*) on verrattain yleisesti käytetty menetelmä etenkin puuhylkyjen kookkaiden rakenneosien pitkäaikaiseksi säilyttämiseksi ja varastoinniseksi. Pääperiaate ja menetelmät ovat pitkälti samat kuin tavanomaisessa peittämisessä, tosin uudelleen hautaamisessa puuosien varastointi takaisin merenpohjaan suoritetaan sen jälkeen, kun osat on irrotettu alkuperäisestä arkeologisesta kontekstistaan esineiden ylösnostamista, tarkempaa tutkimusta ja dokumentointia varten. Tämän jälkeen kaikki, tai vain valikoitu osa ylösnostetusta materiaalista, varastoidaan tarkasti määritettyyn paikkaan suojaavan sedimenttihaudan sisälle. Hautaamalla puurakenneosat takaisin merenpohjaan säästytään muun muassa kalliilta konservointi- ja henkilöstökuluilta sekä suurten puuosien vaatimilta säilytys- ja varastointitiloilta.

Uudelleen hautaamisessa on tavoiteltu parempaa ymmärrystä materiaalin säilymiseen vaikuttavista ympäristötekijöistä eri pohjasedimenttiolosuhteissa. Onnistuneeseen *in situ* -säilytykseen vaaditaan kriittistä ymmärrystä siitä miten useat monimutkaiset osatekijät ovat yhteydessä toisiinsa ja mikä niiden vaikutus hautautuneeseen arkeologiseen materiaaliin on (Corfield, 1996: 36). Jotta uudelleen hautaaminen olisi tehokasta, hautaympäristön ja haudattujen puuosien kuntoa tulee myös pystyä seuraamaan (Gregory, 1998: 343). Kohteen ympäristöolot myös sanelevat mitkä tekniikat ja menetelmät ovat tehokkaimmat koko arkeologisen tutkimustyön ajan, alustavasta kartoituksesta

kaivausten jälkeisiin analyysihin asti (Oxley, 1998: 524).

In situ -suojelun priorisointiin kannustavat kansainväliset suositukset ovat osaltaan vaikuttaneet ympäristöolosuhteiden tutkimuksen lisääntymiseen meriarkeologisilla kohteilla. Puun hajoamista eri sedimenttiympäristöissä ja -syvyyksissä on tutkittu näytepalojen avulla tarkemmin esimerkiksi Tanskan Lynaes Sandsissa (Gregory, 1998) ja yhteiseurooppalaiseen MoSS-projektiin kuuluneilla hylkykohteilla (Leino *et al*, 2011; Palma, 2005).

Seuraavaksi esittelen vuonna 1985 suoritetun Red Bayn hyllyn uudelleen hautaamisen, jota voidaan pitää yhtenä merkittävimpänä ja laajamittaisimpana meriarkeologisena uudelleen hautaamis -projektina kautta aikain. Esimerkkitapauksen lähteinä olen käyttänyt teoksia Delgado *et al*, 1997 ja Waddell, 1994.

7.2.1. *San Juan* (1565)

Koillis-Kanadan Labradorissa, Red Bayn kalastajakylän edustalle noin 10 metrin syvyyteen uponneita 1500-luvun baski-valaanpyytäjien aluksia tutkittiin 1970- ja 1980-luvuilla Kanadan kulttuuriperintösuojelusta vastaavan valtiollisen viraston, Parks Canadian, toimesta. Kyseessä oli laajamittainen vedenalaisen kulttuuriperintöön keskittynyt tutkimus, joka käsitti Red Bayn sataman vedenalaisen alueen kokonaisuudessaan; hanke on ollut tähän mennessä laajin ja kattavin Kanadassa läpiviety meriarkeologinen projekti (Delgado *et al*, 1997: 336).

Vuosien 1978 ja 1984 välillä Red Bayn edustalta löydettiin kaiken kaikkiaan kolmen laivan ja neljän valaanpyyntiveneen hylät. Yksi niistä oli historiallisten lähteiden perusteella tiettävästi vuonna 1565 uponnut baski-valaanpyytäjien galeoni, *San Juan*, jonka oli määrä kuljettaa satoja valaanrasvatynnyreitä Atlantin yli Baskimaahan. Kahdella tunnistamattomalla laivanhyllyllä suoritettiin koekaivauksia, mutta *San Juan* päätettiin kaivaa esiin kokonaisuudessaan, purkaa osiin *in situ*, nostaa ylös osina, dokumentoida ja haudata uudelleen osina meren pohjaan.

Alkusysäyksen hyllyn purkamiseksi osiin antoi hyllyn peräosan alle osittain jäänyt pieni valaanpyyntivene, *chalupa*, jota ei ollut mahdollista kaivaa esiin ennen kuin

hylkyrakenteet veneen päältä oli purettu pois. Laajamittaiset arkeologiset kaivaukset ja hyllyn purkaminen osiin katsottiin olevan välttämätöntä kohteesta saatavan maksimaalisen arkeologisen informaation tallentamiseksi: ”Hyllyn purku mahdollisti edelleen täydellisen stratigrafisen analyysin koko hylkyalueelta ja rungon alle jääneiden esineiden talteenoton. Muu informaatio, joka saatiin purkamalla hylky osiin, liittyi itse aluksen runkorakenteisiin; työvälineiden ja työstön jälkiä tai yksityiskohtaisia mittasuhteita ja muotoja ei ole välttämättä mahdollista tutkia yhtenäisinä rakenteina meren pohjalla” (Delgado *et al*, 1997: 337).

Esiin kaivetun hyllyn uhkana oli kiihtyneiden biologisten hajoamisprosessien lisäksi myös mekaaniset voimat, mistä johtuen tehokasta, testattavaa ja kustannustehokasta uudelleen hautaamis -vaihtoehtoa alettiin selvittää. Kuusi vuotta kestäneiden kaivausten ja purkamisen jälkeen mittavin operaatio oli kaikkien ylös nostettujen puurakenneosien uudelleen hautaaminen takaisin meren pohjaan. Yli 3000 yksittäistä puuosaa ja lukematon määrä puunpalasia nostettiin ylös pinnalle, dokumentoitiin ja sijoitettiin väliaikaisiin vedenalaisiin hautakuoppiin. Puuosat haudattiin lopullisesti ylösnostetun hyllyn paikalle muodostuneen kaivanteeseen, jonka päälle kasattiin 1200 hiekkasäkillä vahvistettu 18 m x 20 m laajuinen ja noin 1,5 metriä korkea hautakumpurakennelma. Suojakummun tilavuus mahdollisti puuosien hautaamisen kolmeen eri kerrokseen, joiden välissä oli 20 senttimetriä hiekkaa; hauta-alueen profiili pidettiin mahdollisimman matalana, jotta jäävuoret eivät osuisi siihen (Waddell, 1994: 2).

Ennen hautaamista jokainen puuosa myös identifioitiin ja merkattiin kerroskarttaan, jotta niiden paikantaminen ja esiin kaivaminen onnistuisi tarvittaessa myöhemmin. Hautakumpuun käytettiin kaiken kaikkiaan yhteensä 315 tonnia hiekkaa, ja koko kumpu peitettiin lopuksi paksulla hypalon-pressulla hiekan poishuuhtoutumisen ja kaasutasapainotilassa tapahtuvien muutosten estämiseksi. Suojapressun päälle asetettiin lopuksi 60 betonilla täytettyä autonrengasta, joilla estettiin pressun siirtyminen pois paikaltaan. Peter Waddellin mukaan (1994: 3) Red Bayn puurakenneosien uudelleen hautaaminen on ollut yksi kaikkein suurimmista tämän alan hankkeista, jossa erityisesti hylkypuumateriaali on pyritty säilyttämään optimaalisessa kunnossa.

Puurakenneosien uudelleen hautaamisessa hautakummun sisälle tavoiteltiin samankaltaisia ympäristöolosuhteita valon, lämpötilan ja kaasualtistuksen suhteen, jotka

vallitsivat sedimentin alla ennen kaivauksia (Waddell, 1994: 2). Hautakummun sisäisiä olosuhteita ja puun säilymisastetta seurattiin nostamalla säännöllisin väliajoin hautakummun sisälle asetettuja, hylystä peräisin olevia puunäytekappaleita ja vertaamalla niiden säilymistä pakastamalla säilöttyihin kontrollipaloihin. Steriileillä vesinäytteillä seurattiin miten hyvin haudan sisälle oli pystytty luomaan anaerobiset olosuhteet. Vuonna 1986, 1988 ja 1992 otettujen näytteiden perusteella voitiin todentaa haudan sisällä vallitsevan hapettomat olosuhteet ympäröivän meriveden korkeaan happipitoisuuteen verrattuna (Waddell, 1994: 3).

7.3. Katodinen suojaus

Katodista suojausta on sovellettu käytäntöön jo vuodesta 1824 alkaen – aluksi kuparikylkisten sotalaivojen suojaukseen Englannissa (Hakkarainen *et al*, 2006: 796). Menetelmässä hyödynnetään jalousasteeltaan ja reagointiherkkyydeltään kahden eri metallin välistä galvaanista korroosiota (syöpymistä), jossa epäjalommasta metallista, kuten sinkistä tai alumiinista, valmistetulla uhrautuvalla anodilla suojataan jalommasta metalliseoksesta, esimerkiksi teräksestä, valmistetun aluksen runko.

Anodit asennetaan aluksen vesirajan alapuolelle rungon tai muiden vedenalaisten osien korroosion ehkäisemiseksi. Menetelmällä voidaan pidentää aluksen käyttöikää metalliosien syöpymisen hidastuessa tai estyessä kokonaan. Samaa tekniikkaa sovelletaan nykyisin pienemmässä mittakaavassa myös pienveneiden perämoottoreiden korroosionestoon. Menetelmää käytetään laajalti myös muun meritekniikan suojaamisessa; öljynporauslautat ja merenalaiset öljy- ja kaasuputket suojataan miltei poikkeuksitta katodisesti (Hakkarainen *et al*, 2006: 806). 1980-luvulta lähtien katodista suojausta uhrautuvien anodien avulla on sovellettu useilla meriarkeologisilla hylkykohteilla ympäri maailmaa (mm. MacLeod, 1987, 1989, 1996a-b; Gregory, 1999, 2000; Kokko, 2012).

Metallin ruostuminen on pääsääntöisesti elektrokemiallinen reaktio, jossa samassa elektrolyytissä (liuoksessa) toisiinsa sähkökontaktissa olevat metallit reagoivat keskenään; epäjalommasta metallista muodostuu korroosiokennon anodi (+) ja jalommasta metallista katodi (-). Galvaanisen korroosion seurauksena aktiivisemmän metallin (anodin) korroosio kiihtyy samalla kun jalomman ja vähemmän aktiivisen

metallin (katodin) normaali korroosionopeus hidastuu (Selwyn, 2004: 28). Tiedetyt bakteerit voivat aiheuttaa myös metallin mikrobiologista korroosiota esimerkiksi sedimentin sisällä anaerobisissa olosuhteissa. Tällaisissa olosuhteissa mikrobit pelkistävät sulfaatit hapettomassa tai vähän happea sisältävissä ympäristöissä korroosiota aiheuttaviksi rikkiyhdisteiksi (Fell & Ward, 1998: 114; Hakkarainen *et al*, 2006: 181).

Metallien jaloustetta ja reagoitiherkkyttä hyödynnetään meriarkeologisten esineiden katodisessa suojauksessa *in situ* siten, että vedessä vapaasti syöpyvään esineeseen liitetään kuparikaapelin avulla epäjalommasta metallista valmistettu uhrautuva anodi. Meriolosuhteissa käytetään yleensä sinkkiä tai alumiinia anodimateriaaleina. Anodina voi toimia joko meritekniikan katodiseen suojaukseen kaupallisesti valmistettu anodiharkko tai esimerkiksi anodimateriaaliksi soveltuva romumetalli (MacLeod, 1987: 51; Gregory, 1999: 164). Australialle kuuluvan Norfolk-saaren edustalle vuonna 1790 uponneen HMS *Sirius* -hylyn ankkurin suojaukseen käytettiin käytöstä poistettuja auton alumiinisia moottorinosia, joista muodostettiin noin 30 kilogramman painoinen uhrautuva anodi (MacLeod, 1987: 51).

Rautaesineen suojaus tehostuu syöpyvästä anodista vapautuvien elektronien virratessa kuparikaapelia pitkin ankkuriin, toisin sanoen korroosiokennon katodiin, ja merivesi täydentää suljetun virtapiirin toiminnan (MacLeod, 1987: 51). Korroosioreaktioiden synnyttämä sähkövirta voidaan näin ollen kumota muodostamalla ulkoinen virtapiiri, jossa kulkee korroosioreaktioille vastakkaissuuntainen tasavirta – korroosiota ei tämän jälkeen tapahdu (Hakkarainen *et al*, 2006: 796). Korroosiota edistävien meriveden suolojen kuten kloridien eliminoiminen metallin pinnalta on yksi katodisen suojauksen pää tavoitteista, joten esineen polaarisuuden muutos päinvastaiseksi edistää kloridien eliminointia jo *in situ* -vaiheessa, jolloin myös konservointiaika laboratoriossa lyhenee (Gregory, 1999; MacLeod, 1987, 1995).

Sekä vapaasti merivedessä ruostuvan että katodisesti suojatun metalliesineen korroosiotilaa voidaan seurata mittaamalla esineen korroosiopotentiaali (E_{korr}). Metallin korroosiopotentiaali voidaan käytännössä mitata vedenalaiskäyttöön soveltuvalla yleismittarilla ja vertailuelektrodilla *in situ*. Korroosiopotentiaalilla tarkoitetaan elektrolyytissä ruostuvan metallipinnan elektrodipotentiaalia (Selwyn, 2004: 26), joka

mitataan voltteina (V). Korroosiopotentiaalimittauksilla seurataan esineen korroosiotilassa tapahtuvia muutoksia, jotka voivat aiheutua kohteella tapahtuvista ympäristömuutoksista. Kuten MacLeod on todennut (1998a: 116), ”metallien korroosioon hylkykohteilla vaikuttaa useat muuttuvat ympäristöparametrit, kuten suolapitoisuus, lämpötila, liuennut happi ja meriorganismikasvusto”.

Myös ihmistoiminta voi saada radikaaleja muutoksia aikaan hylyn ja sen esineistön ympäristöolosuhteissa. Meriarkeologisten kaivausten yhteydessä riski olosuhteiden muutoksille on ilmeinen ja riski esineiden vahingoittumiselle lisääntyy. Vuosisatoja vedessä maanneet esineet ovat voineet syöpyä kokonaan pois, niiden pinta on voinut muuttua hauraaksi ruostegrafiittikerrokseksi, tai takorautaesineiden ollessa kyseessä, esineestä voi olla jäljellä vain ruostekrustikerroksen sisäpuolinen tyhjiö, joka jäljittelee esineen alkuperäistä pinnanmuotoa. Osa nykykonservaattorin roolia onkin neuvoa meriarkeologia siinä onko rautaesineiden nosto historiallisilta hylkykohteilta järkevää; massiiviset esineet kuten laivanuunit ja höyrykoneet voivat näyttää vakailta, mutta ne ovat usein täysin grafitoituneita ja hajoavat helposti noston tai laboratorioon kuljetuksen aikana (MacLeod, 1998a: 122). Mikäli vahinkoja tapahtuu meriarkeologisen tutkimuksen seurauksena, niihin on myös pystyttävä reagoimaan ja vahingot minimoimaan. Ennaltaehkäiseväksi konservoinniksi voidaan lukea kentällä oikein suoritettu nosto, pakkaus ja varastointi, jotka vähentävät materiaalin vaurioitumisriskiä (Arponen, 2008: 225).

In situ -korroosiomittauksilla voidaan lisäksi selvittää merenpohjalla makaavan esineen metallilaji ja korroosiotila, mikäli elektrolyytin pH-arvo metallin pinnalla tiedetään. Esimerkiksi tykeille ja ankkureille ominaiset jännitteet ja happamuusarvot kertovat esineiden hajoamisnopeudesta (MacLeod, 1995: 53). Esineen pinnan pH-arvon mittaus suoritetaan yleensä aina korroosiopotentiaalimittausten yhteydessä, jotta esineen korroosiotilasta saadaan mahdollisimman todenmukainen tieto. Jos metalli on uponnut meriveteen ja sen pinta on peittynyt ruostekrustikivettymällä, pH-mittaus täytyy tehdä mahdollisimman läheltä metallin pintaa (Selwyn, 2004: 27). Sama pätee korroosiopotentiaalimittauksiin. Krustikerroksen peittämän esineen metallipinta saavutetaan poraamalla paineilmaporalla pieni reikä metallin ja krustin rajapintaan, josta mittaukset otetaan erikoismittausvälineiden avulla (MacLeod, 1995; Gregory, 2000; Kokko, 2012).

Meriarkeologisten metalliesineiden E_{kor} - ja pH-mittauksilla on kerätty maailmanlaajuisesti paljon tietoa erityyppisten ja eri ympäristöolosuhteissa olevien hylkyjen ja irtainten esineiden korroosiotilasta *in situ*. Mittauksilla on lisäksi pystytty selvittämään mitkä hylty tai esineet ovat nopeimmassa tuhoutumisvaarassa ja miten tietyt ympäristötekijät vaikuttavat metallikorroosioon meriarkeologisilla kohteilla. Mittaamalla hylkyjen jäljellä olevan metallin paksuus ja yhdistämällä tämä tieto korroosiopotentiaalimittaustuloksiin, hylkyjä hallinnoivat tahot voivat hyödyntää kerättyä tietoa hylkyjen eliniän arvioimisessa (MacLeod, 1998b: 84). Osa tuhoutumisvaarassa olevista esineistä tai hylkyistä on sen jälkeen pystytty suojaamaan katodisesti uhrautuvien anodien avulla (MacLeod, 1987, 1989, 1996a-b, 1998a-b; Gregory, 1999, 2000; Kokko, 2012).

Raudan korroosioprosesseista johtuen uhrautuvia anodeja voidaan käyttää useimmiten vain suurten, kiinteän metalliytimen säilyttäneiden rautaesineiden suojaukseen. Meriarkeologisilla hylkykohteilla tämänkaltaisia esineitä ovat yleensä edellä mainitut takorauta-ankkurit ja valurautatykit. Myös kupariseoksista valmistettuja esineitä, kuten pronssitykkeitä, voidaan suojata katodisesti. Menetelmää on sovellettu myös kokonaisten hylkyjen suojaukseen *in situ*, kuten *Resurgam*-sukellusveneen tapauksessa esitän (Ks. 7.3.2.).

Käytän edellä mainittua HMS *Sirius* -hylyn takorauta-ankkurin katodista suojausta esimerkkinä rautaesineen kiihtyneen korroosion pysäyttämiseksi uhrautuvan anodin avulla. Esimerkkitapauksen kirjallisina lähteinä olen käyttänyt alan pioneerinä pidetyn australialaisen Ian MacLeodin julkaisuja (1987, 1996b) sekä tekstissä erikseen mainittuja lähteitä.

7.3.1. HMS *Sirius* (1790)

Vuonna 1985 HMS *Siriuksen* vedenalaisarkeologisten kaivausten aikana hylyn 1,3 tonnin painoinen takorauta-ankkuri nostettiin ylös hyllyltä ja siirrettiin Australian Norfolk-saaren pääkaupungin, Kingstonin, satamalaiturin läheisyyteen. Matalalla hylkykohteella vallitsevan merenkäynnin ja vaarallisen aallokon johdosta ankkurin noston katsottiin olevan helpompaa paikassa, josta se voitiin myöhemmin nostaa ylös ja kuljettaa laboratorioon konservoitavaksi.

Kaivausten aikana noin 50 cm x 10 cm kokoinen pala suojaavaa krustikivettymää kuitenkin irtosi ankkurin pinnalta, kun sitä oltiin nostamassa ylös hyllyltä. Merivedessä tämä suojaava kerros on koostumukseltaan yleensä kalkkipitoista, ja lämpimissä vesissä kovaa krustia muodostavien organismien kasvu voi johtaa satojen vuosien aikana paksun krustikerroksen muodostumiseen rautaesineen päälle (MacLeod, 1995: 53; 1998a: 116).

Korroosiopotentiaalimittaukset muutama tunti noston jälkeen osoittivat, että ankkurin potentiaali oli noussut positiivisempaan suuntaan eli ankkurin korrosio oli kiihtynyt nostoa edeltävästä tilasta. Irronneen krustin alta paljastuneen metallin pinnalle muodostui parissa tunnissa punaruskea ruostekerros, jonka uskottiin passivoivan metallipinnan ja hidastavan ruustumista. Näin ei kuitenkaan käynyt, ja ankkurin korroosiopotentiaali nousi tasaisesti neljän päivän ajan kunnes se tasaantui huomattavasti positiivisemmalle tasolle nostoa edeltäneeseen tasoon verrattuna. Muutokset korroosiotilassa tarkoittivat, että ankkuri syöpyi sillä hetkellä noin sata kertaa nopeammin kajoamista edeltäneeseen tilaan verrattuna.

Koska ankkurin laboratoriokonservointiin käytettävän konservointialtaan valmistumiseen arvioitiin kuluvan useita kuukausia, ankkuri päätettiin suojata satamalaiturin viereisessä matalassa rantavedessä uhrautuvalla anodilla kunnes konservointiallas olisi valmis. Anodimateriaalina käytetyt alumiiniset moottorinosat puhdistettiin rasvasta ja etsattiin, jotta ne reagoisivat mahdollisimman tehokkaasti vedessä. Anodiin kiinnitetty kuparikaapeli kierrettiin ankkurin varren ympärille poistamalla ensin krustia vaijerin kohdalta sähkökontaktin muodostamiseksi. Pari minuuttia anodin kiinnittämisen jälkeen korroosiopotentiaali oli laskenut lähes 200 millivoltia (mV) alhaisemmalle tasolle, mikä osoitti, että metallien välille oli muodostunut hyvä sähkökontakti ja että anodi toimi.

Vuosi anodin kiinnittämisen jälkeen tehdyllä tarkastussukelluksella huomattiin, että kuparikaapelin päälle oli muodostunut ohut ja tiivis kalkkikerros, joka on tyypillistä katodisesti suojatuille kupariseoksille. Myös ankkurin pinnalta lohjenneen palan tilalle oli muodostunut valkoinen tiivis kerrostuma. Jos ankkurin syöpyminen olisi jatkunut tänä aikana, ankkurin pinnalle, lohjenneen palan tilalle, olisi muodostunut raudan korroosiotuotteita. Myös alumiinianodien päälle muodostuneet korroosiotuotteet

osoittivat, että anodit olivat syöpyneet ja mahdollistaneet ankkurin katodisen suojauksen odotetulla tavalla. Viimeisen korroosiopotentiaalimittauksen perusteella voitiin todeta ankkurin syöpymisen pysähtyneen kokonaan, ja ankkurin korroosionopeus oli hidastunut alkuperäisestä 0,1 millimetristä 0,001 millimetriin vuodessa.

In situ -konservointitoimenpiteitä on suoritettu uhrautuvien anodien avulla Euroopassa muiden muassa Duart Pointin 1600-luvun hylyllä Skotlannissa ja *Resurgam*-sukellusveneen hylyllä Walesissa. Itämeren alueella Helsingin edustalle vuonna 1788 uponneen linjalaiva *Kronprins Gustav Adolfin* hyllyn valurautatykeille on sovellettu korroosiotutkimuksia ja anodisuojauskokeilua vuosien 2002 ja 2006 välisenä aikana (Kokko, 2007a-b, 2012).

Duart Pointin hylyllä suoritettiin vuonna 1994 viiden valurautatykin ja yhden takorautatykin korroosiopotentiaali-, pinta-pH- ja krustikerroksen paksuusmittaukset (MacLeod, 1995). Tulosten perusteella hylkykohteella aktiivisesti syöpyvät tykit ja ankkuri päätettiin suojata muutamaa vuotta myöhemmin uhrautuvien anodien avulla *in situ* (Gregory, 1999). Esineiden korroosiopotentiaali- ja pH-arvoissa havaitut suotuisat muutokset anodien kiinnittämisen jälkeen todistivat esineiden korroosionopeuden hidastuneen ja krustikerroksen sisällä olevan metallipinnan ja krustikerroksen välisen lievästi happaman veden pH:n neutraloituneen. Gregoryn mukaan (1999: 164) anodit olivat myös saaneet alulle kloridien liukenemisen pois esineiden pinnalta.

7.3.2. *Resurgam* (1880)

Historiallisesti merkittävien kokonaisten hylkyjen suojaamista uhrautuvien anodien avulla on kokeiltu esimerkiksi *Resurgam*-sukellusveneen hylyllä Walesissa (Gregory, 2000). *Resurgam* oli vuonna 1879 valmistunut maailman ensimmäinen mekaanisella voimalla kulkeva sukellusvene, joka upposi vuonna 1880 Walesin pohjoisrannikolle. Hylyllä suoritettiin vuonna 1997 korroosiomittauksia rungon korroosiotilan selvittämiseksi. *In situ* -mittausten perusteella takorautarunkoisen sukellusveneen korroosio oli passiivista, ja metallin pinnalle havaittiin muodostuneen korroosiota hidastava magnetiittikerros (Fe_3O_4). Korroosionopeuden arvioitiin olevan kuitenkin pahimmillaan noin 0,1 - 0,2 millimetriä vuodessa, joten sukellusveneen runkoon päätettiin kiinnittää uhrautuvia anodeja korroosion hidastamiseksi.

Kaksi viiden sinkkianodin muodostamaa anodiryhmää kiinnitettiin metallikiinnittimien ja kuparikaapelien avulla hylyn runkoon. Kummankin anodiryhmän tehokas suojausala oli noin yksi neliömetri, joten koko 90 neliömetrin kokoisen hyllyn suojaukseen anodien teho ei riittänyt, ja anodit syöpyivät pois yhden ja kolmen kuukauden välillä kiinnityksestä. Gregoryn mukaan (2000: 99) koko hyllyn täydellistä katodista suojausta varten olisi tarvittu teoriassa 125 kg sinkkiä vuodessa, tosin metallin pintaa passivoivan korroosiotuotekerroksen johdosta tarvittava määrä olisi kuitenkin todennäköisesti huomattavasti pienempi.

8. *IN SITU* -SÄILYTYS

”Since all matter is subject to decay (the laws of thermodynamics state that order must decline into chaos), the discovery of an *undecayed* artefact after so long a period of time implies that for some reason expected deterioration has not taken place” (Cronyn, 1990: 17).

In situ -säilytys voi käsittää sekä aktiivisia toimenpiteitä (*in situ* -stabilointimenetelmät) että passiivista suojelua, jolloin konkreettisiin konservointitoimenpiteisiin hylkykohteella ei ryhdytä. *In situ* -säilytyksessä voidaan myös yhdistää molempia lähestymistapoja ja suojata vain osa kohteesta tai esineistä aktiivisin menetelmin. Kohteen akuuteimmassa tuhoutumisvaarassa olevat osat tai esineet voidaan myös siirtää suojaisempaan paikkaan odottamaan konservointikäsittelyä *in situ* tai *ex situ*, kuten HMS *Siruksen* ankkurin stabiloinnissa tehtiin. Kohteen suojelua voidaan lisäksi tehostaa kulttuurisia häiritseviä tekijöitä vastaan rajoittamalla kohteelle pääsyä suoja-aluein, video- ja tutkavalvontajärjestelmin sekä kohteen kajoamattomuutta valvovien viranomaistahojen yhteistyön avulla.

Hylkymateriaalin luonnollisiin hajoamisprosesseihin passiivisilla suojelutoimilla ei kuitenkaan voida vaikuttaa. Vain aktiivisilla konservointitoimenpiteillä esineen hajoamiskehitystä voidaan huomattavasti hidastaa (Arponen, 2008: 225). Jos hylky jätetään merenpohjaan, arkeologin ja konservاتورin tehtävänä onkin varmistaa, että se suojataan ennen kaikkea ulkoisia häiritseviä tekijöitä ja aarteensijöitä vastaan (Davidde, 2002: 83) – on tiedettävä, mitkä häiritsevät tekijät uhkaavat kohteen säilymistä (Manders 2004: 74).

Kohteen kunto on syytä selvittää hyvissä ajoin konkreettisin kuntokartoitus selvityksin ja materiaalianalyysin. Nämä onnistuvat usein vain kajoavien näytteenottotekniikoiden avulla. Materiaalianalyysillä varmistutaan vettyneen materiaalin todellisesta kunnosta, jota passiivisilla, ei-kajoavilla menetelmillä, ei useinkaan ole mahdollista selvittää. Vasta kuntoselvitysten jälkeen kohteen säilymisasteesta ja säilyvyydestä vallitsevissa olosuhteissa *in situ* voidaan esittää tieteellisiin tutkimustuloksiin perustuvia päätelmiä.

Esittelen seuraavaksi vuonna 1771 Saaristomerelle uponneen *Vrouw Maria* -hylyn, joka päätettiin vuonna 2007 julkaistun Museoviraston selvityksen perusteella säilyttää ensisijaisesti löytöpaikallaan (Peltanne & Tikkanen 2007). Hylyn rakennusmateriaalina käytetty puu on viime vuosina tehtyjen analyysitulosten perusteella edelleen hyvässä kunnossa (Alvik *et al*, 2011; Kinnunen, 2008; Steffen *et al*, 2011), mikä tukee osaltaan hylyn *in situ* -säilyttämistä jatkossakin; säilyvyys perustuu edelleen hylyn kannalta suotuisiin vallitseviin ympäristöolosuhteisiin, viranomaisvalvontaan ja hylkyyn kohdistuviin vähäisiin ulkoisiin uhkatekijöihin.

Hylyn 14-vuotisen tutkimushistorian ja ympäristöllisten esiselvitysten jälkeen olisi toisaalta yhtä perusteltua siirtyä tämän kansainvälisesti merkittävän hylyn tutkimuksissa seuraavalle tasolle ja tehdä perinpohjainen selvitys hylyn kaivaus-, nosto- ja museointivaihtoehtoista. Tässä yhteydessä olisi lisäksi selvitettävä hankkeen rahoitusvaihtoehdot ja panostettava erityisesti kansainväliseen yhteistyöhön nostohankkeen toteuttamisessa.

8.1. *Vrouw Maria* (1771)

Vrouw Maria oli hollantilainen, snau-takiloitu 26-metrinen kauppalaiva, joka kuljetti syksyllä 1771 sekalaista lastitavaraa Amsterdamista Pietariin. Aluksen lastina oli muiden muassa sokeria, kahvia, tupakkaa, sinkkiä, kankaita, väriaineita ja myös arvokkaita taideteoksia Venäjän keisarinna Katariina Suurelle. Lokakuun alussa 1771 laiva purjehti eteläiseltä Itämereltä kohti Suomenlahtea kunnes se syysmyrskyssä ajautui Saaristomeren karikkaisille vesille, sai pohjakosketuksen ja vuodon, ja lopulta upposi 8. lokakuuta useita päiviä jatkuneista pelastusyrityksistä huolimatta.

Hylky löytyi vuonna 1999 sukellusyrittäjä Rauno Koivusaaren ja *Pro Vrouw Maria* -yhdistyksen viistokaikuluotausetsinnöissä. Hylky sijaitsee Saaristomerellä Jurmosta noin 10 kilometriä kaakkoon, suojaisessa luotojen ympäröimässä syvänteessä, 41 metrin syvyydessä. Hylky on poikkeuksellisen hyvin säilynyt; runko on näkyviltä osin ehjä ja molemmat alamastot ovat edelleen pystyssä. Eniten vaurioita ovat kärsineet hylyn kansirakenteet, perähytti sekä aluksen takila, josta mastojen ylimmät osat ovat romahtaneet alas. Myös peräsin on irronnut haaksirikon yhteydessä. Hylyn ruuma on täynnä sekalaista lastitavaraa, josta osa on identifioitu Museoviraston johtamissa

kenttätutkimuksissa esinenostojen ja tarkempien näyteanalyysien yhteydessä (Peltanne & Tikkanen, 2007: 24; Alvik, 2012: 108-131; Alvik *et al*, 2012: 19-34).

Vrouw Maria -hylyn tutkimuslinjaukset ovat noudattaneet kansainvälisiä suosituksia vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelemiseksi ja säilyttämiseksi ensisijaisesti löytöpaikallaan; tutkimuksissa on keskitytty pääsääntöisesti hylyn ulkoiseen dokumentointiin ei-kajoavin menetelmin, visualisointiin sekä hylyn ja hylky-ympäristön biologisiin kartoituksiin ja selvityksiin. *Vrouw Maria* oli mukana vuosien 2001 ja 2004 välisenä aikana toteutetussa EU-rahoitteisessa MoSS-projektissa, jossa esiteltiin merkittäviä eurooppalaisia hylkykohteita seurannan, suojelun ja visualisoinnin keinoin (Tikkanen, 2003: 2).

Hylyn mahdollisesta nostosta, konservoinnista ja museoinnista on aika ajoin käyty kiivasta keskustelua myös julkisuudessa. Vuoden 2007 selvityksessä *Vrouw Maria* -hylyn säilyttäminen *in situ* (vaihtoehto B: *Vrouw Maria* veden alla -hanke) valittiin kuitenkin nostoa realistisemmaksi vaihtoehdoksi (Peltanne & Tikkanen, 2007). *Vrouw Maria* veden alla -hanke toteutettiin vuosien 2009 ja 2012 välisenä aikana (Kostet & Tikkanen 2012: 102-107), ja kenttätutkimuksissa kerättiin uutta tietoa hylyn rakenteellisiin yksityiskohtiin ja lastiin liittyen (Alvik *et al*. 2011, 2012). Hylyn saavutettavuutta lisättiin kirjajulkaisun muodossa (Ehanti *et al*, 2012) ja esittelemällä hylyn historiaa ja hylystä nostettuja esineitä Suomen merimuseon näyttelyssä Kotkassa. Hylystä luotiin myös interaktiivinen 3D-mallinnus, joka johdattaa museokävijät virtuaalisukellukselle hyllylle.

Vrouw Maria veden alla -hankkeen päätyttyä hylyn tulevaisuuden eri vaihtoehdot ovat jälleen auki. Myös hylyn nosto ja museointi on mahdollista hankkeen jälkeen, mikäli rahoitus nostoa, konservointia ja museointia varten järjestyy (Peltanne & Tikkanen 2007: 103). Selvityksessä todetaan lisäksi (Peltanne & Tikkanen 2007: 91), että *Vrouw Maria* veden alla -hankkeen aikana hylystä tuotettua tietoa voidaan hyödyntää suoraan mahdollisen noston suunnittelussa.

Esittelen seuraavaksi hankkeen yhteydessä vuonna 2010 hyllyltä nostetun puunäytteen kuntokartoitus- ja stabilointikokeiden tulokset ja vertaan niitä myös aikaisempiin hylyn puumateriaalista tehtyihin kuntokartoitusselvityksiin. Tuloksia voidaan hyödyntää

jatkossa hylyn kuntoseurannan tukena ja mahdollista nosto-operaatiota ja konservointia suunniteltaessa.

8.1.1. Hylyltä vuonna 2010 nostettu puunäyte

Puun kuntokartoituskokeet tein vuonna 2010 osallistuessani Museoviraston *Vrouw Maria* veden alla -hankkeen ensimmäiseen kenttätutkimusvaiheeseen. Vastasin hylyllä suoritettavista puunäytteenotoista, näytteiden säilytyksestä, jatkokäsittelystä ja toimittamisesta edelleen eri yhteistyötahoille luonnontieteellisiä analyysyjä varten. Tutkimustulokset on koottu vuoden 2010 *Vrouw Maria* veden alla -hankkeen kenttätutkimusraporttiin (Alvik *et al*, 2011: 20-25).

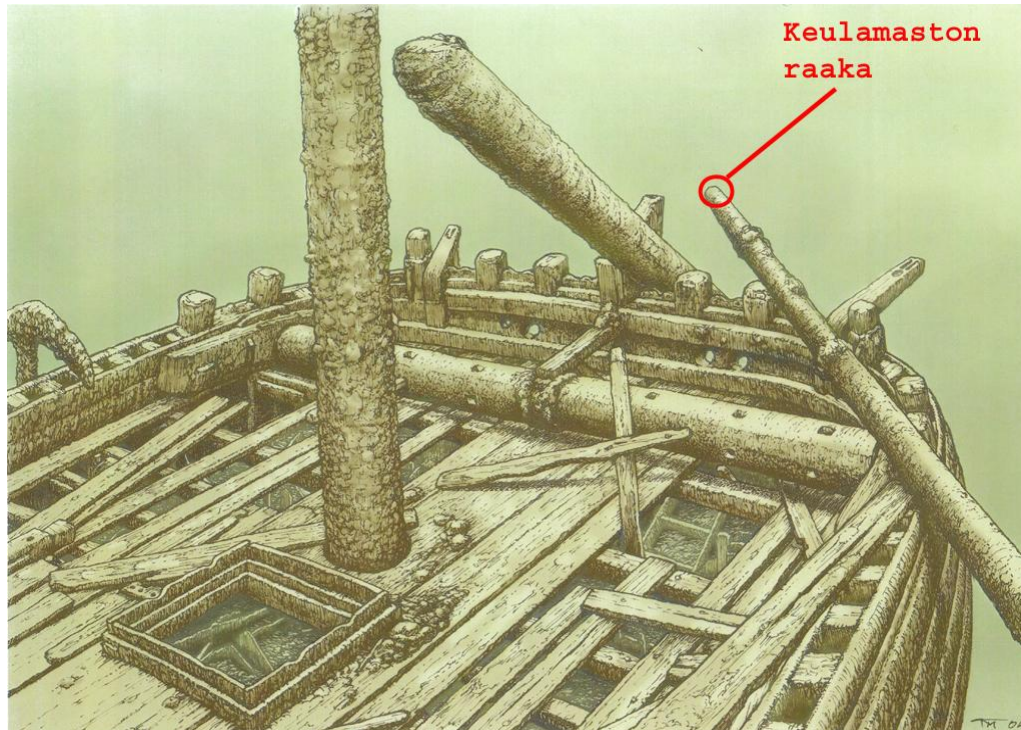
Puunäytteitä sahattiin tuolloin hylyn takilasta ja runkorakenteista. Takilanäyte otettiin hylyn päällä makaavasta raa'asta (kuva 1) ja keulamastosta, ja ne tunnistettiin Luonnontieteellisen keskusmuseon Kasvimuseolla (metsä)männiksi (*Pinus sylvestris*)(kuva 2). Hylyn rungosta otetut näytteet osoittautuivat tammeksi (*Quercus robur*). Raa'asta sahaamani noin 22 cm x 11 cm kokoinen näyte oli tarkoitus ajoittaa dendrokronologisesti, mutta vuosilustojen vähäinen määrä ei mahdollistanut näytteen puulustoajoitusta. Päätin kuitenkin hyödyntää näytettä puun kuntoselvityksissä (Alvik *et al*, 2011: 24-25) ja vuonna 2011 edelleen puun stabilointikokeissa (Ks. 8.1.1.2).

Puun kuntokartoituksen ja stabilointikokeet suoritin Kansallismuseon vettyneiden materiaalien konservointilaitoksessa Helsingin Hylkysaarella, jonne puunäyte oli säilötty noston jälkeen. Valokuvasin ja mittasin näytteen (kuvat 3-4) ennen kuntokartoitustestejä ja näyteanalyysiin toimittamista.

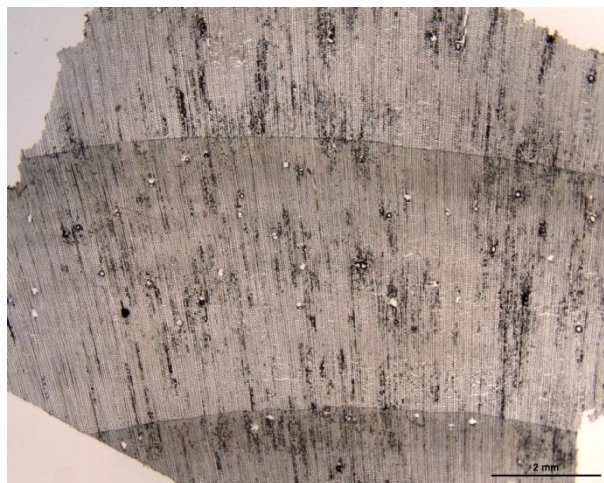
Puunäyte vaikutti ulkoisesti hyväkuntoiselta, ainoastaan puun ulkopinta tuntui hieman pehmeältä ja vetiseltä. Puussa oli melko vahva pihkan tuoksu, ja myös sahauspinnalta tarkasteltuna puu vaikutti kiinteältä ja ”tuoreelta”. Puun vuosirenkaat olivat myös selvästi erotettavissa. Olosuhteet puun säilymiselle merenpohjalla olivat selvästi olleet optimaaliset – pimeys, alhainen lämpötila, vähähappisuus ja vähäinen mikrobiologinen toiminta olivat edesauttaneet puun säilymistä hyväkuntoisena näinkin pitkään.

Esittelen seuraavaksi puunäytteen kuntokartoituskokeet ja niiden tulokset puun

kosteuspitoisuuden, tiheyden ja kutistumisen osalta. Ne toimivat samalla alustuksena puun stabilointikokeille, joilla tutkin eri kyllästysliuosten kykyä stabiloida *Vrouw Marian* vettynyt puu.



Kuva 1. Näytteenotto kohta keulamaston raa'an kärjestä.
Piirros Tiina Miettinen, Museovirasto.



Kuva 2. Valomikroskooppikuva näytteen poikkileikkauspinnasta.
Kuva Tuuli Timonen/Pirkko Harju, Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo.



Kuva 3. Raa'asta sahattu näyte. Kuva Rami Kokko, Museovirasto.



Kuva 4. Näytteen sahauspinta. Kuva Rami Kokko, Museovirasto.

8.1.1.1. Puun kosteuspitoisuus, tiheys ja kutistuminen

Puun fyysistä kuntoa voidaan tutkia kosteuspitoisuus- ja tiheyslaskelmien avulla. Kosteuspitoisuudella tarkoitetaan puun sisältämän veden ja kiinteän puuaineksen välistä suhdetta. Esimerkiksi 10 kilogramman painoisen puukappaleen 100 % kosteuspitoisuus tarkoittaa, että kappaleen painosta viisi kilogrammaa on vettä ja viisi kilogrammaa kiinteää puuainesta. Vettyneen puun ollessa kyseessä korkea kosteuspitoisuus viittaa yleensä huonokuntoiseen puuhun ja alhainen hyväkuntoiseen. Tiheys viittaa puun soluseinän tiheyteen. Kosteuspitoisuus- ja tiheysmittauksilla saadaankin yleensä hyvä käsitys tutkittavan puuaineksen kunnosta ja hajoamisasteesta.

Puu on luontaisilta ominaisuuksiltaan hygroskooppista, vettä imevää ainetta, joka koostuu muun muassa pitkittäisistä ontoista putkisoluista, soluonteloista ja säteensuuntaisista ydinsäteistä. Eri puulajeilla solurakenne vaihtelee kuitenkin huomattavasti, erityisesti havu- ja lehtipuiden välillä. Puun joutuessa veteen tämä huokoinen materiaali kyllästyy vedellä ja se vettyy. Puun vettyessä myös sen kemiallinen, biologinen ja fyysinen rakenne muuttuu ja hajoaminen alkaa. Osa soluseinistä häviää ja puuhun voi imeytyä enemmän vettä, jolloin puun kosteuspitoisuus kasvaa ja tiheys pienenee (Kinnunen, 2008: 10). Rakenne on pehmeä, ja puun kosteuspitoisuus kasvaa suhteessa sen menettämän selluloosan määrään (Fors, 2008: 5).

Vettyneen puun kuntoarviointi on myös silmämääräisesti hankalaa, koska vettyneessä tilassa puu vaikuttaa usein parempikuntoiselta kuin mitä se todellisuudessa on. Puun sisälle imeytynyt vesi antaa fyysistä tukea puusolukolle, joka on kuitenkin saattanut menettää merkittävän osan rakenteellisesta lujuudestaan veden vaikutuksesta.

Puun luonnollinen kosteuspitoisuus vaihtelee lajeittain ja ilmankosteuden mukaan. Kovien ja tiheiden jalolehtipuulajien, kuten tammen ja tiikin, luontainen kosteuspitoisuus on alhainen. Pehmeämmillä havupuilla, kuten männyllä ja kuusella, kosteuspitoisuus on taas korkeampi. Esimerkiksi tuoreen männyn kosteuspitoisuus on lähellä 200 % (Astrup, 1993: 43). Jos puu pääsee kuivumaan hallitsemattomasti esimerkiksi noston jälkeen, puusolukon rakennetta ja puukappaleen muotoa tukenut vesi haihtuu pois, jolloin puu saattaa deformoitua, halkeilla ja kutistua peruuttamattomasti.

8.1.1.2. Puun stabilointikokeet

Stabiloinnin onnistumiseen vaikuttaa sekä käytetty kyllästysaine että puun fyysinen kunto. Vettyneen puun stabiloinnissa ensisijainen tavoite on syrjäyttää puun sisällä oleva vesi kyllästysaineella, joka tukee jäljellä olevaa puusolukkoa ja ylläpitää esineen muotoa ja mittasuhteita kuivaamisen jälkeen. Vasta onnistuneen stabiloinnin jälkeen esine voidaan asettaa näytteille museoon, jossa sen kuntoseurantaa on kuitenkin jatkettava säännöllisesti. Säilytysolosuhteet tulee optimoida erityisesti lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden osalta.

Yleisin vettyneen arkeologisen puun stabiloimiseen käytetty kyllästysaine on polyetyleeniglykoli (PEG), jota käytetään laajalti eri tarkoituksiin puu-, kosmetiikka-, lääke- ja elintarviketeollisuudessa. PEG:tä käytetään sahatavaran kuivumisen ja halkeilun estoon, ja kosmetiikka-, lääke- ja elintarviketeollisuudessa esimerkiksi kosteudensäilyttäjänä ja pintakäsittelyaineena.

PEG:tä on käytetty useiden ylösnostettujen ja museoitujen puuhylkyjen stabilointiin maailmanlaajuisesti 1960-luvulta lähtien. Näistä tunnetuin on sotalaiva *Vasa*, joka upposi neitsytmatkallaan Tukholman satamassa vuonna 1628. Laivan PEG-käsittely suoritettiin vuosien 1962 ja 1979 välisenä aikana, ja menetelmä yleistyi myös muiden vettyneiden arkeologisten esineiden ja laivanhylkyjen konservoinnissa; *Bremenin koggin*, *Götavraketin*, *Skuldelevin* viikinkilaivojen ja *Batavian* hylt on kyllästetty PEG-altaissa, ja *Mary Rose* -hyllyn runko *Vasan* tavoin PEG-ruiskutuksella (Fors, 2008: 28).

PEG on vesiliukoinen, vahamainen polymeeri, jonka fyysinen koostumus vaihtelee polymeeriseoksen molekyylipainon mukaan. PEG 200 - 600 -laatuja pidetään alhaisen molekyylipainon PEGeinä ja 1500 - 10 000 -laatuja korkean molekyylipainon PEGeinä (Jensen & Schnell, 2004: 279). PEG 600 ja muut alhaisen molekyylipainon PEG:t ovat huoneenlämmössä viskoottisia nesteitä, kun taas molekyylipainoltaan painavammat PEG:t ovat huoneenlämmössä tyypillisesti vahamaisina jauheina, lastuina tai rakeina.

PEG:n käyttö puun stabiloinnissa perustuu sen hygroskooppisuuteen, kykyyn sitoa ja syrjäyttää vesi puusolukon sisällä. Molekyylipainoltaan alhaiset PEG:t ovat

hygroskooppisempia kuin “painavammat” PEG:t. Kun puu kuivataan kyllästyskäsittelyn jälkeen museointia tai varastointia varten, sen sisälle imeytynyt PEG tukee jäljellä olevaa puusolukkoa ja vähentää puun kutistumisen ja halkeilun riskiä. Puun fyysinen kunto ja hajoamisaste kuitenkin määrittää, mitä PEG-laatu(j)a ja missä konsentraatiossa on suositeltavaa käyttää.

Kyllästyskäsittely aloitetaan yleensä alhaisen molekyylipainon PEG:llä ja alhaisella konsentraatiolla (esimerkiksi 10 %) osmoottisen paine-eron minimoimiseksi ja puusolukon luhistumisen estämiseksi. Konsentraatiota nostetaan vaiheittain PEG-käsittelyn aikana kunnes puu on saavuttanut maksimaalisen kyllästysasteen halutussa konsentraatiossa. Alhaisen molekyylipainon PEG:tä käytetään puusolukon soluseinän kyllästämiseen, ja se myös läpäisee helpommin tiiviin ja paremmin säilyneen puuaineksen syvemmällä puun sisällä. Korkeamolekyylisellä PEG:llä tavoitellaan soluontelon kyllästämistä, ja se soveltuu parhaiten puun uloimman, huokoisen ja pidemmälle hajonneen puusolukon tukevoittamiseen.

PEG:n imeytymisen edistymistä puun sisälle, samoin kuin nopeutta, voidaan seurata esimerkiksi kairanäytteillä, kuten *Vasa*-laivan stabiloinnin yhteydessä on tehty (Fors, 2008: 29). Pienemmät esineet voidaan punnita aika-ajoin imeytyksen aikana kunnes niiden paino ei enää nouse ja maksimaalinen kyllästysaste on saavutettu. Tämän jälkeen puun kontrolloitu kuivaus voidaan aloittaa.

Stabilointikokeisiin käytin Kansallismuseon vettyneiden materiaalien konservointilaitoksella käytössä olevia PEG 600 - ja PEG 1500 -laatuja (Clariant). Esimerkiksi *Vasa*-laivan stabiloinnissa on käytetty vastaavia PEG-laatuja ja lisäksi myös korkeamolekyylisiä PEG 4000 hyllyn ylimpien kansirakenteiden ja rungon ulkopinnan kyllästämiseksi (Fors, 2008: 29). Korkeamolekyylisiä PEG 3000 - 4000 -laatuja ei ollut käytettävissä tässä raportuihin stabilointikokeisiin.

Sukroosikyllästykseen käytin kotimaisesta sokerijuurikkaasta (*Beta vulgaris*) valmistettua taloussokeria. Sokerin käyttö vettyneen puun stabiloinnissa perustuu sokerin fyysiseen, kidemäiseen muotoon, joka veteen liuotettuna ja kuivaamisen jälkeen tukee puusolukon rakennetta. Mikroskooppikuvissa sukroosin on huomattu muodostavan myös paksun, amorfisen, lasimaisen kerroksen soluseinien päälle

(Hoffmann, 1993: 358). Sokerin etuna PEG:hen verrattuna voidaan pitää alhaista hintaa ja helppoa saatavuutta, ja se liukenee veteen normaalissa huoneenlämmössä noin 70 %:n konsentraatioon asti. Sen on myös todettu jättävän puun luonnollisen väriseksi ja tuntuiseksi konservoinnin jälkeen (Hoffmann *et al*, 1993: 332). Molekyyliarakenteeltaan sokeri on selluloosan kaltaista, mikä edesauttaa sen imeytymistä puun sisään (Hoffmann *et al*, 1993: 309) matalamolekyylipainoisen PEG:n tavoin.

Sukroosin käyttöä puun stabiloinnissa saattaa rajoittaa sokeriliuokseen helposti muodostuvat mikrobikasvustot, jotka käyttävät sokeria kasvualustanaan ja ravinnonlähteenä. Stabiloinnin onnistumiseen vaaditaan usein myös korkea sokerikonsentraatio (noin 70 %), eivätkä tulokset silti ole yhtä hyvin ennustettavissa kuin PEG-käsittelyissä (Hoffmann *et al*, 1993).

Aloitin PEG 600/1500 - ja -sukroosikäsittelyt 15 %:lla liuoksilla ja PEG 1500 - käsittelyn 20 %:lla konsentraatiolla. Aikaisemmissa vettyneen puun stabilointitutkimuksissa halutun (sokeri)konsentraation imeyttämisen poikkileikkauksiin puukiekkoihin on todettu kestävän noin 1-2 viikkoa (Hoffmann *et al*, 1993), joten nostin konsentraatiota vaiheittain 15-20 %:n lisäyksiä noin kahden viikon välein. PEG 1500 - käsittelyssä nostin liuoksen konsentraation 40 %:iin, jonka arvioin riittävän erityisesti puun pidemmälle hajonneen pintakerroksen vakauttamiseen.

Sukroosi- ja PEG 600/1500 -liuosten konsentraatioita nostin neljästi imeytykseen käytetyn 3,5 kuukauden aikana. Sukroosikyllästyksen päätin 60 %:een liuokseen, vaikka kyllästyksen suositellaan noin 70 %:n konsentraatiota (Hoffmann *et al*, 1993). Uskoin konsentraation kuitenkin antavan riittävän stabiliteetin kokeessa käytetylle, hyvin säilyneelle puulle (Ks. 8.1.2.4.).

PEG 600/1500 "Two-step" -kyllästyksessä nostin PEG 600 -konsentraatiota kahdesti aina 45 %:iin asti. Tämän jälkeen jatkoin imeytystä 50 %:lla PEG 1500:lla, ja kaksi viimeistä viikkoa vielä 70 %:ssa konsentraatioissa. Korkeamolekyylistä PEG:tä ei yleensä käytetä näin suurissa konsentraatioissa, koska se saattaa johtaa muun muassa epäluonnollisen vahamaiseen lopputulokseen. Halusin kuitenkin testata korkean PEG 1500 -konsentraation vaikutusta *hyväkuntoisen* männyn stabilointiin.

Kyllästyksen jälkeen suoritin puukiekkojen kuivauksen muovikelmulla peitetyissä muoviasioissa, joihin kiekot oli asetettu pystyasentoon tasaisen kuivumisen edistämiseksi molemmilta poikkileikkauspinoilta. Lisäsin ilmanvaihtoa astioissa avaamalla muovikelmua vaihteittain lisää kahden viikon välein kunnes näytekiekkojen paino oli vakiintunut ja kuivuminen huoneenlämmössä oli saatu päätökseen.

Stabilointikokeiden seurantatiedot eri kyllästysvaiheineen on koottu tutkielmani lopussa olevaan liitteeseen. Kokeisiin käytetystä näytepuusta ei riittänyt näytepalaa vertailevaa PEG 600 -stabilointitestiä varten.

8.1.2. Tulosten tarkastelu

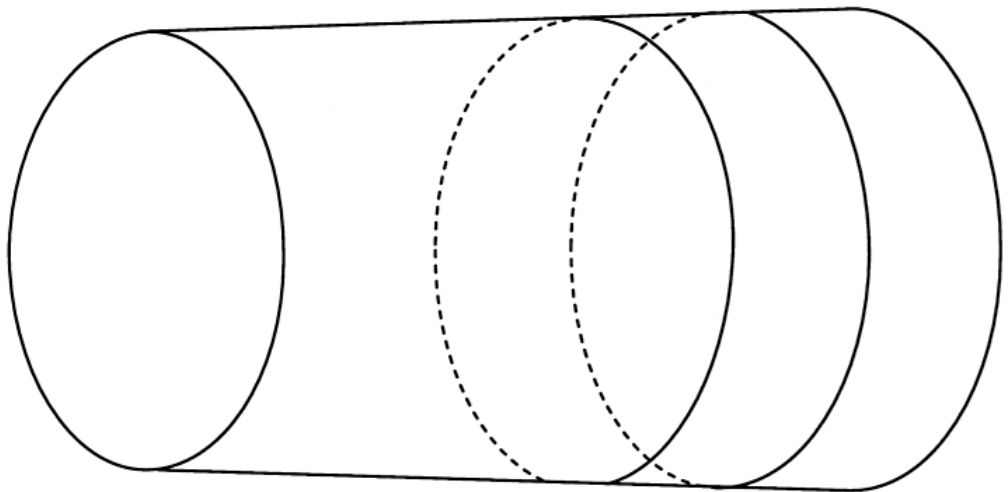
8.1.2.1. Kosteuspitoisuus, tiheys ja kutistuminen

Vrouw Maria -hylyn kannelta vuonna 2007 nostetun mäntypuunäytteen kuntoselvitystä käsittelevässä pro gradu -tutkielmassaan Veijo Kinnunen on todennut (2008: 54) puun olevan ulointa viiden millimetrin syvyistä pintakerrosta lukuun ottamatta ikäisekseen varsin hyväkuntoista. Tutkimukset puun kosteuspitoisuuden ja tiheyden osalta rajoittuivat tuolloin kuitenkin vain puun pintaan, joka saattaa olla esimerkiksi hajottajabakteeritoiminnasta johtuen huonokuntoisempaa kuin puusolukko syvemmillä puun sisällä. Yleensä puun keskiosa on parhaiten säilynyt, kun taas uloimmat sisäkerrokset ja pinta voivat olla pidemmälle hajonneita ja kosteuspitoisuudeltaan korkeampia (Fors, 2008: 4). Kosteuspitoisuus- ja tiheyslaskelmien tulokset heijastavat siten eriasteista säilyvyyttä puun eri osien välillä. Mittaustulokset *Vrouw Maria* -hylyn vuoden 2007 näytteestä olisivatkin todennäköisesti olleet erilaiset pahemmin hajonneen pintapuun ja rakenteellisesti paremmin säilyneen ydinpuun välillä (Kinnunen, 2008: 54).

Myös vuonna 2009 hyllyltä nostetun ankkuripelin jarrun kuntoselvitykset vahvistivat *Vrouw Marian* runkomateriaalin, tammen, säilyneen hyvässä kunnossa lähes 240 vuoden ajan. Mikroskooppi-, ultraääni-, röntgen- ja molekyylibiologisten tutkimusten perusteella puuta hajottavien mikrobien vaikutus näkyi vain yhden senttimetrin syvyyteen puun pinnasta (Steffen *et al*, 2011: 41).

Vuoden 2010 puunäyte, raa'asta sahattu lieriömäinen näytepala, mahdollisti puun kosteuspitoisuuden ja tiheyden määrittämisen koko puun poikkileikkauspinnan (halkaisupinnan) alalta, jolloin puun kokonaiskunnosta saadaan kattavampi käsitys. Materiaalin kokonaiskunnon selvitykset ovatkin avainasemassa mietittäessä sopivaa konservointikäsittelyä arkeologisesti merkittävillä esineillä, hylynosille tai kokonaisille hyllyille.

Preparoin puunäytteen sahaamalla sen neljäksi pienemmäksi näytekiekoksi (kuva 5), joista yhden annoin kuivua ilman kyllästyskäsittelyä vettyneen puun ”luonnollisen” kosteuspitoisuuden, tiheyden ja kutistumisen mittaamiseksi. Kuivattu näytekiekko toimi samalla kontrollinäytteenä myöhemmin suorittamilleni stabilointikokeille.



Kuva 5. Havainnekuva raa'an kärjestä sahattu näytteestä, joka sahattu edelleen pienemmiksi kiekoksi (n.100 mm x 25 mm) jatkotutkimuksia varten.

Kuva Rami Kokko, Museovirasto.

Ennen kuivausta asensin näytekiekon poikkileikkauspinnalle kolme ja pituuspinnalle kaksi neulaa, joiden avulla pystyin mittaamaan puun prosentuaalisen kutistumisen tangentiaalisessa, radiaalisessa (säteensuuntaisessa) ja aksiaalisessa (pituussuuntaisessa) suunnassa puun kuivumisen jälkeen (kuva 6). Jäljensin seuraavaksi määrän puukiekon ääriviivat paperille, jotta pystyin vertaamaan puun mittasuhteissa tapahtuneita muutoksia kuivauksen jälkeen myös graafisesti.

Näytekiekon märkäpainon punnitsemisen, piirtämisen ja neulojen asentamisen jälkeen annoin sen kuivua huoneilmassa noin neljä viikkoa, ja lopuksi uunissa (noin 100 °C) yhden tunnin ajan kunnes vesi oli haihtunut kokonaan puun sisältä pois. Kuivauksen jälkeen punnitsin kiekon uudelleen näytteen kuivapainon määrittämiseksi.

Tiheyslaskelmilla selvitin näytepuun soluseinän tiheyden tuoreen männyn keskimääräiseen tiheyteen verrattuna (taulukko 1). Jäännöstiheydellä ilmaistaan jäljellä olevan kiinteän puuaineksen tiheys vertailuarvon maksimiin (100 %) nähden. Laskin puun kosteuspitoisuuden, tiheyden ja jäännöstiheyden alla olevilla kaavoilla (Bilz & Macchioni, 2004: 619, Palma, 2004: 12; Kinnunen, 2008: 35).

$$Kosteuspitoisuus (MC) \% = \frac{\text{Paino}_{\text{märkä}} (g) - \text{Paino}_{\text{kuiva}} (g)}{\text{Paino}_{\text{kuiva}} (g)} \times 100$$

$$Tiheys (R) \text{ g/cm}^3 = \frac{1}{(MC/100) + (1/1,5)},$$

jossa 1,5 on puun soluseinän keskimääräinen tiheys.

$$Jäännöstiheys (rD) \% = \frac{R}{0,43 \text{ g/cm}^3} \times 100 ,$$

jossa 0,43 on tuoreen männyn keskimääräinen tiheys (Hoffmann, 1993: 359).

Puun kutistumisen tangentialisessa, radiaalisessa ja aksiaalisessa suunnassa laskin alla olevan kaavan avulla (Morgos & Imazu, 1993: 289):

$$Kutistuminen (S) \% = \frac{R_{\text{märkä}} - R_{\text{kuiva}}}{R_{\text{märkä}}} \times 100$$

= esim. radiaalinen kutistuminen (%), jossa R on neulojen etäisyys toisistaan (mm) radiaalisessa suunnassa.

Puun kuntoselvitystulosten perusteella myös vuonna 2010 nostettu puu on kokonaisuudessaan varsin hyväkuntoista; näytteen kosteuspitoisuus 182 % ja tiheys 0,40 grammaa kuutiosenttimetriä kohden (g/cm^3) vastaavat tuoreen männyn keskimääräisiä vertailuarvoja (193 % ja $0,39 \text{ g/cm}^3$) (Astrup, 1993: 43). Vuonna 2007 nostetun puukappaleen vastaavat arvot olivat 238,6 % ja $0,33 \text{ g/cm}^3$ (Kinnunen, 2008: 53).

Tuolloin analysoitiin kuitenkin vain puun pintanäyte, joka ei anna luotettavaa kuvaa tutkitun puukappaleen kokonaiskunnosta. Tulokset olisivatkin olleet todennäköisesti lähempänä vuonna 2010 tutkitun puunäytteen arvoja, jos puusta olisi analysoitu puun poikkileikkauspinnan kokoinen näytepala. Myös vuonna 2009 nostetun tammesta valmistetun ankkuripelin jarrun mikrobiologinen kuntokartoitus indikoi hyllyn tammirungon säilyneen hyvässä kunnossa. Lisänäytteitä tarvitaan kuitenkin runkorakenteiden laajempaa kuntokartoitusta varten – sekä *in situ* -säilytyksen että mahdollisen nosto-operaation ja konservointisuunnittelun tueksi.

Puun keskimääräinen kutistuminen on maksimissaan 8 % tangentialisessa, 4,5 % radiaalisessa ja 0,1 % pituussuunnassa (Bilz & Macchiano, 2004: 613). Ilmakuivatun, käsittelemättömän puun kutistumista seurasi neulatestillä mittaamalla työntömitalla neulavälit ennen näytteen kuivaamista ja kuivaamisen jälkeen (taulukko 2 ja kuva 6). Mitattujen tulosten perusteella näytteen radiaalinen ja tangentialinen kutistuminen on suhteellisesti samaa luokkaa kuin kuivatulla (tuoreella) puulla yleensä; tangentialinen kutistuminen on 2-3-kertaista radiaaliseen verrattuna. Tangentialiseksi kutistumiseksi laskin 6,4 % ja radiaaliseksi 2,1 %. Pituussuuntaisen kutistumisen on yleensä minimaalista, tässäkin tapauksessa sain mittaustulokseksi 0 % (taulukko 3).

Piirsin näytekiekon ääriviivat uudelleen kuivaamisen jälkeen puun kutistumisen ja halkeilun vertaamiseksi graafisesti alkuperäiseen vettyneeseen lähtötasoon nähden (kuva 7). Puun kutistuminen ja halkeilu oli suhteellisen vähäistä ja yhtenäistä; puukiekon ulkoreuna vetäytyi tasaisesti kauttaaltaan ja luonnollinen radiaalinen halkeama puun reunassa laajeni vain hiukan. Myös käsittelyllä arvioituna puukiekkko oli säilyttänyt hyvin fyysisen lujuuden ja kestävyuden ulointa 1 - 2 millimetrin pintakerrosta lukuun ottamatta. Puu oli luonnollisen värinen (kuva 12) ja tuntui käsiteltäessä ilmalta ja kevyeltä. Toistin ääriviivojen jäljentämisen ennen ja jälkeen

kuivaamisen myös stabilointikokeisiin käytetyille näytekiekoille.

Tulosten perusteella puun ”normaali” kutistuminen viittaa *Vrouw Maria* -hylyn takilaan käytetyn puun olevan fyysisiltä ominaisuuksiltaan, 240 vuotta uppoamisen jälkeen, edelleen tuoreen männyn veroista.

Raaka	
Märkäpaino	252,42 g
Kuivapaino	89,60 g
Kosteuspitoisuus (MC)	182 %
Tiheys (R)	0,40 g/cm ³
Jäännöstiheys (rD)	93 %

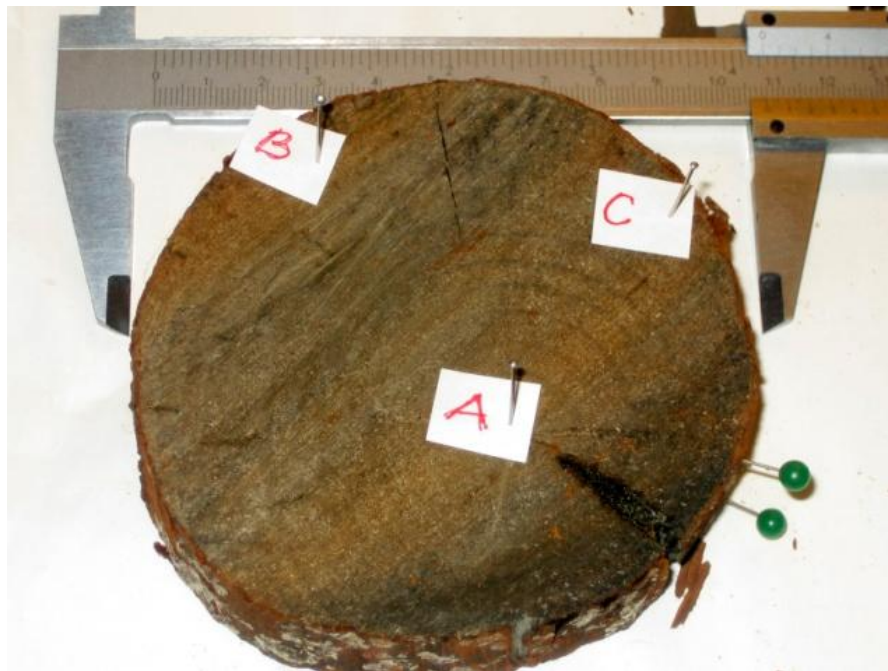
Taulukko 1. Kosteuspitoisuus- ja tiheyslaskelmien tulokset raa'asta.

Neulaväli	Etäisyys märkä (mm)	Etäisyys kuiva (mm)
A-B	56,1	54,9
B-C	61,2	57,3
Pit.	20,9	20,9

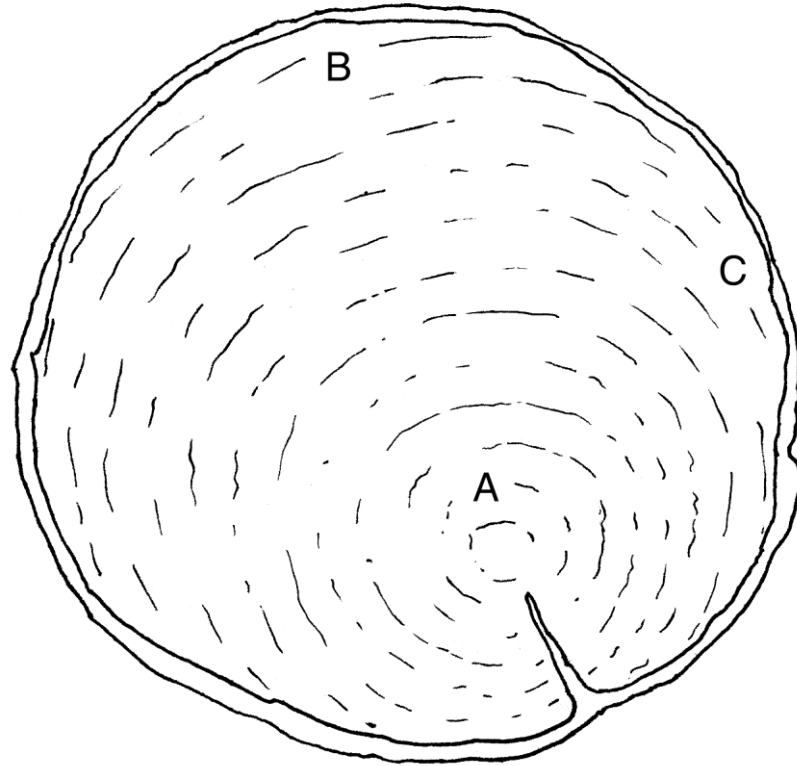
Taulukko 2. Neulavälimittaukset näytekiekosta ennen ja jälkeen ilmakeivauksen.

	Radiaalinen	Tangentiaalinen	Pituussuuntainen	Poikkileikkausala
Ilmakuivaus	2,1	6,4	0,0	8,5

Taulukko 3. Ilmakuivatun, stabiloimattoman kiekon prosentuaalinen kutistuminen radiaalisesti, tangentiaalisesti, pituussuunnassa ja poikkileikkausalan mukaisesti. Poikkileikkausala = rad. + tang. kutistuminen (Astrup, 1993: 44).



Kuva 6. Raa'asta sahattu kiekko ilmakuivauksen jälkeen (ilman stabilointikäsittelyä). Mitatut kutistumissuunnat puun poikkileikkaussuunnassa: A-B (ja A-C) = radiaalinen, B-C = tangentiaalinen. Vihreät neulat = pituussuuntainen.
Kuva Rami Kokko, Museovirasto.



EI KÄSITTELYÄ

Kuva 7. Puukiekon mittasuhteet ilmakeivauksen jälkeen (ilman stabilointikäsittelyä). Kutistuminen ilmenee ulkoreunan vetäytymisellä ja kuvassa näkyvän radiaalisen halkeaman levenemisellä: ulompi kehä = ennen ilmakeivausta, sisempi kehä = kuivauksen jälkeen. Piirros 1:1. Rami Kokko, Museovirasto.

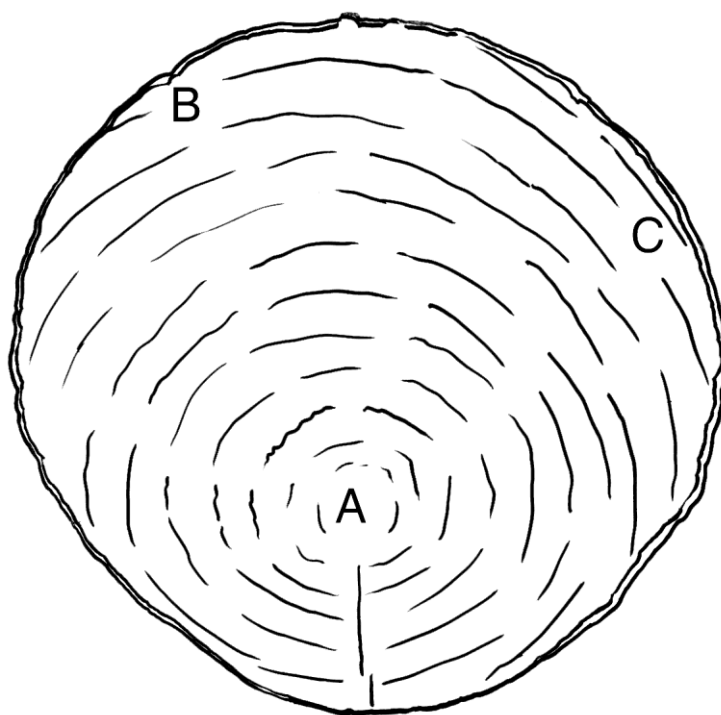
8.1.2.2. PEG 1500

PEG 1500 -käsittelyn tavoitteena oli kyllästää ja stabiloida korkeamolekyylisellä PEG:llä erityisesti puun uloin, pidemmälle hajonnut pintakerros. Tulokset olivat kutistumisen ja halkeilun osalta hyvät, radiaalisen kutistumisen jäädessä 0,6 %:iin ja tangentialisen 1,5 %:iin (taulukko 4). Graafisesti tarkasteltuna näytekiekon mittasuhteet muuttuivat ulkoreunan vetäytymisen seurauksena vain hiukan (kuva 8). Kahteen muuhun stabiloituun näytekiekkoon verrattuna PEG 1500 -kyllästetty puu kutistui poikkileikkauspinnan alalta mitattuna kuitenkin hieman enemmän. Myös puun väri oli kuivaamisen jälkeen kaikkein epäluonnollisin ja epätasaisin (kuva 12). Pituussuuntaista kutistumista ei mitattu stabiloiduista kiekkoista, koska kutistuminen oli jäänyt ilmakeivatuissa näytteissä nollaan prosenttiin.

Käsittelyn aikana 20 %:ssa liuoksessa havaittiin vähäistä levänmuodostusta, joka saattaa muodostaa biologisen ongelman erityisesti pitkäkestoissa ja staattisissa PEG-allaskäsittelyissä. Kuivunutta levää oli jäänyt näytteen pinnalle, mikä saattaa osaltaan vaikuttaa puun epätasaiseen väriin kuivauksen jälkeen.

	Radiaalinen	Tangentiaalinen	Poikkileikkausala
PEG 1500	0,6	1,5	2,1

Taulukko 4. PEG 1500 -kyllästetyn kiekon prosentuaalinen kutistuminen radiaalisesti, tangentiaalisesti ja poikkileikkausalan mukaisesti. Poikkileikkausala = rad. + tang. kutistuminen (Astrup, 1993: 44).



PEG 1500 40%

Kuva 8. Puukiekon mittasuhteet PEG 1500 -kyllästyksen (40 %) ja ilmakeivauksen jälkeen. Piirros 1:1. Rami Kokko, Museovirasto.

8.1.2.3. PEG 600 / 1500 (Two-step)

“Two-step”-käsittelyssä yhdistetään alhaisen ja korkean molekyylipainon PEG:t eriasteisesti säilyneen puuaineksen ja puusolukon eri osien stabiloimiseksi. Käsittely aloitetaan alhaisen molekyylipainon PEG:llä, joka vaihdetaan käsittelyn toisessa vaiheessa korkeamolekyyliseen PEG:hen.

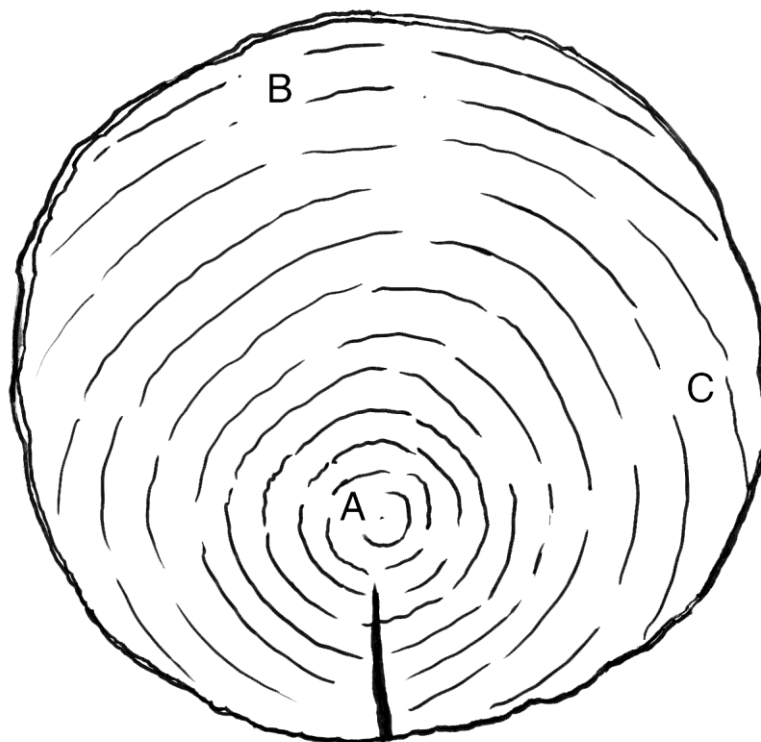
Käytössäni oli konservointilaitoksen matalamolekyylinen, nestemäinen PEG 600 ja korkeamolekyylinen PEG 1500, joista jälkimmäinen on huoneenlämmössä koostumukseltaan vahamaisina hiutaleina. Tavoittelin soluseinän kyllästämistä PEG 600:lla, ja puusolukon onteloiden sekä uloimman, huonokuntoisemman puuaineksen konsolidointia, korkeamolekyylisellä PEG:llä.

Stabilointi onnistui tässäkin testissä hyvin, kutistumisen jäädessä radiaalisessa suunnassa 0,4 %:iin ja tangentiaalisessa suunnassa 1,6 %:iin (taulukko 5). Tangentiaalinen kutistuminen oli sama kuin sukroosikyllästetyllä kiekolla (Ks. 8.1.2.4.) ja radiaalista kutistumista tapahtui vain 0,2 % enemmän kuin sukroosikyllästetylle kiekolle. Poikkileikkausalan kutistumista tapahtui näin ollen vain 0,2 % enemmän sukroosistabilointiin verrattuna.

Puu oli konservoinnin jälkeen väriltään kaikkein luonnollisin kahteen muuhun kiekkoon verrattuna, ja myös puun vuosilustot erottuivat sahauspinnalta hyvin (kuva 12). Graafisesti tarkasteltuna puun ulkoreuna oli vetäytynyt kutistumisen seurauksena vielä vähemmän kuin PEG 1500 -käsitellyssä (kuva 9).

	Radiaalinen	Tangentiaalinen	Poikkileikkausala
PEG 600/1500	0,4	1,6	2,0

Taulukko 5. PEG 600/1500 -kyllästetyn raakapuukiekon prosentuaalinen kutistuminen radiaalisesti, tangentiaalisesti ja poikkileikkausalan mukaisesti. Poikkileikkausala = rad. + tang. kutistuminen (Astrup 1993: 44).



PEG 600 45% / PEG 1500 70%

Kuva 9. Puukiekon mittasuhteet PEG 600 / PEG 1500 ”two-step” -kyllästykseen (45 % / 70 %) ja ilmakeivauksen jälkeen. Piirros 1:1. Rami Kokko, Museovirasto.

8.1.2.4. Sukroosi

Sukroosikyllästyksellä saavutin stabilointitestien parhaan tuloksen, vaikkakin erot kahteen PEG-kyllästettyyn kiekkoon olivat pieniä. Prosentuaalinen kutistumisen radiaalisessa ja tangentialisessa suunnassa oli hyvin vähäistä, 0,2 % ja 1,6 % (taulukko 6), eikä näkyvää eroa näytekiekon mittasuhteissa märkänä ennen stabilointia tai kuivana stabiloinnin jälkeen ollut havaittavissa (kuva 10). Poikkileikkauspinnan kutistuminen oli 1,8 % eli yli nelinkertaisesti vähemmän kuin käsittelemättömällä puukiekolla. Puu tuntui kuivana kevyeltä ja ilmavalta, tosin väri oli hieman harmahtava (kuva 12).

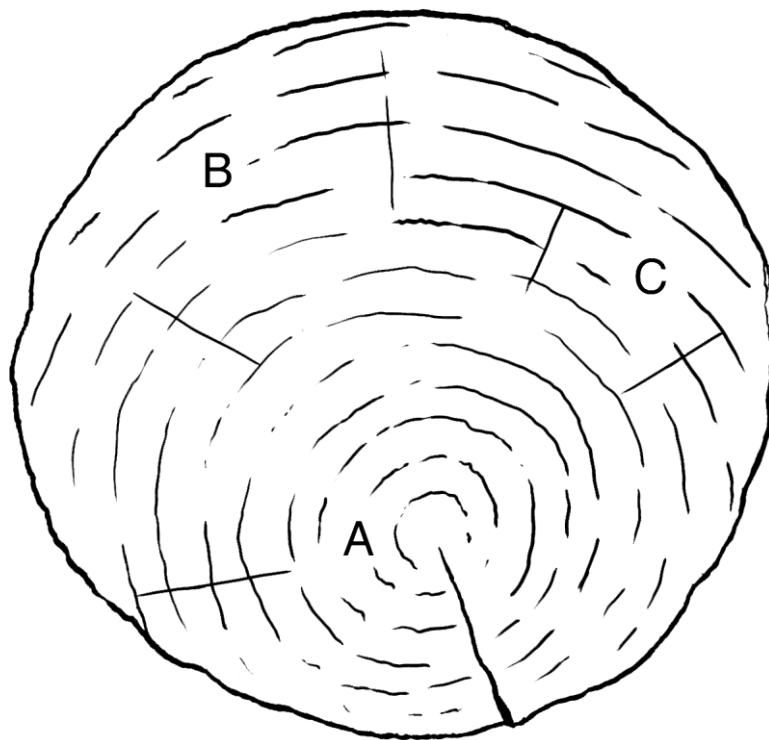
Sukroosikyllästys vaikuttaisi testien perusteella soveltuvan testikolmikosta parhaiten hyvin säilyneen, tuoreen veroisen männyn stabilointiin. Sukroosi vaikutti konsolidoineen hyvin myös puun uloimman, rakenteellisesti huonokuntoisemman

pintakerroksen. Myöskään puun radiaalisessa halkeamassa ei havaittu muutosta konservoinnin jälkeen. Etuna PEG-käsittelyihin verrattuna on lisäksi puun keveys, joka saattaa olla merkittävä tekijä etenkin suurten ja raskaiden esineiden, kuten hyllyn takilanosien konservointia ja konservoinnin jälkeistä säilytys- tai esittelytilaa mietittäessä.

Levänmuodostusta tai mikrobitoiminnan aktivoitumista ei havaittu nyt suoritettuna sukroosikäsittelyn aikana, toisin kuin PEG 1500 -käsittelyssä. Sukroosikyllästetty puu voi tosin muodostaa houkuttelevan ravinnonlähteen esimerkiksi hyönteisille konservoinnin ja kuivaamisen jälkeen, mikä on huomioitava varastointia ja näytteillepanoa suunniteltaessa.

	Radiaalinen	Tangentiaalinen	Poikkileikkausala
Sukroosi	0,2	1,6	1,8

Taulukko 6. Sukroosikyllästetyn kiekon prosentuaalinen kutistuminen radiaalisesti, tangentiaalisesti ja poikkileikkausalan mukaisesti. Poikkileikkausala = rad. + tang. Kutistuminen (Astrup, 1993: 44).



SUKROOSI 60%

Kuva 10. Puukiekon mittasuhteet sukroosikyllästyksen ja ilmakeivauksen jälkeen. Mittasuhteet pysyneet lähestulkoon samana. Piirros 1:1. Rami Kokko, Museovirasto.



Kuva 11. Sukroosikyllästetty (60 %) raakapuukiekkö ennen ilmakeivausta.
Kuva Rami Kokko, Museovirasto.



Kuva 12. Puukiekot stabiloinnin ja ilmakeivauksen jälkeen. Vasemmalta oikealle: sukroosi (60 %), PEG 1500 (40 %), PEG 600 /1500 (45 % / 70 %) ja ilmakeivaus ilman stabilointia. Kuva Rami Kokko, Museovirasto.

9. PITKÄAIKAINEN *IN SITU* -SÄILYTYS – MAHDOLLISTA VAI MAHDOTONTA?

”As shipwrecks need their own set of theoretical and methodological approaches, so should their management be approached specifically as they have been deposited into the archaeological record by special processes” (Oxley, 2004: 73).

Vain harvoilla vedenalaisilla muinaisjäännöskohteilla on mahdollista suorittaa konkreettisia *in situ* -säilymistä edistäviä toimenpiteitä. Tunnettujen hylkyjen määrä pelkästään Suomen merialueilla on niin suuri, ettei aktiivisia konservointitoimenpiteitä voida suorittaa realistisesti kuin muutamilla kulttuurihistoriallisesti merkittävillä kohteilla. Valtaosa meriarkeologisesta materiaalista säilyy *in situ* niin kauan kunnes luonnolliset ja/tai kulttuuriset hajoamisprosessit vähitellen tuhoavat ne, tai kunnes määrärahat vedenalaisen kulttuuriperinnön suojeluun ja tutkimukseen lisääntyvät niin, että useampia kohteita voidaan tutkia jatkossa perusteellisemmin. Tässä suhteessa ennen kaikkea kulttuuriperintöalan viranomaistahoilla, yksityisten yritysten ja organisaatioiden rahoitustuella sekä poliittisilla päätöksillä on suuri merkitys vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelu-, tutkimus- ja museotyön kehityksessä.

Kansainvälisten vedenalaista kulttuuriperintöä koskevien sopimusten ja julistusten perusteella *in situ* -säilytystä tulisi pitää ensisijaisena vaihtoehtona vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa. *In situ* -säilytystä perusteellaan vedenalaisten ”stabiilien” olosuhteiden lisäksi Corfieldin mukaan (1996: 33) usein myös sillä, että on parempi odottaa parempien ja tehokkaampien tutkimus- ja konservointimenetelmien kehittymistä, kuin sitoutua kalliisiin nosto- ja konservointioperaatioihin; jos olemassa olevia uhkia pystytään kontrolloimaan, kohteet tulee säilyttää tulevaisuuteen, jotta kehittyneempien tekniikoiden avulla jälkipolvillamme on mahdollisuus ymmärtää todistusaineistoa paremmin.

Luonnolliset häiritteijät, kuten voimakkaat pohjavirtaukset ja eroosio ja ennen kaikkea luonnollisten hajoamisprosessien ja potentiaalisten hyllynryöstäjien yhteisvaikutus hylkymateriaaliin, voivat kuitenkin rajoittaa *in situ* -konservointimenetelmien ja -säilytyksen soveltuvuutta hylkykohteiden pitkän aikavälin suojelu- ja hallinnointistrategioina. Mitä kauemmin kohteet säilytetään ilman toimenpiteitä, sitä

pidemmälle niiden hajoamisprosessit vääjäämättä etenevät, jolloin myös jälkipolviemme tekniikat saattavat olla riittämättömiä niiden pelastamiseksi. Voimmeko sysätä vastuun päätöksenteosta ja toimenpiteisiin ryhtymisestä tulevaisuuden jälkipolville, ”parempien aikojen toivossa”, vaikka emme voi olla mitenkään varmoja siitä, että tilanne tulevaisuudessa on tässä suhteessa yhtään sen parempi kuin nyt?

Mikäli valtiollisten tutkimuslaitosten määrärahoja supistetaan tulevaisuudessa entisestään, vaarana on että vedenalainen, ”näkymätön”, kulttuuriperintö jää vaille asianmukaisia hallinnointi- ja suojelutoimia. Vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelusta vastaavat tahot ovatkin velvollisia ottamaan vastuun merkittävimpien kohteiden aktiivisesta suojelusta ja konservoinnista jo nyt ennen kuin luonnollisista ja kulttuurisista tekijöistä aiheutuvat hajoamisprosessit etenevät hylyillä peruuttamattoman pitkälle.

Yhdysvaltojen sisällissodan aikana vuonna 1862 Pohjois-Carolinan edustalle 71 metrin syvyyteen uponnut USS *Monitor* päätettiin alun perin suojella *in situ* -periaatteiden mukaisesti, mutta hylyn rungon kiihtynyt hajoaminen voimakkaiden merivirtausten ja hylrynryöstelyn seurauksena johti 1990-luvulla tarkempien tutkimusmenetelmien selvittämiseen ja useiden hylynosien ylösnostamiseen ja museoimiseen (Broadwater, 2006: 80-1).

Corfield (2004: 155) on samoilla linjoilla dynaamisilla rannikkoalueilla sijaitsevien kohteiden suhteen: ”*In situ* -säilytys on harvoin varteenotettava vaihtoehto eroosiolle altistuvilla rannikkoalueilla... yritykset eroosion torjumiseksi kiinteillä suojarakennelmilla on usein tuomittu epäonnistumaan niiden ympärillä tapahtuvan sedimenttihuuhoutumisen johdosta, joka voi saattaa myös muut lähellä olevat rakenteet vaaraan”. Nämä seikat yhdistettynä kulttuurisiin riskitekijöihin johtivat Englannissa Norfolkin edustalta rantahiekasta paljastuneen pronssikautisen (2049 ekr.) puukehärakennelman, 'Seahengen', esiin kaivamiseen, konservointiin ja museointiin alun perin suunnitellun uudelleen hautaamisen sijaan (Corfield, 2004; Watson, 2005).

Optimaalisissa syvänmeren olosuhteissa orgaanisen hylkymateriaalin säilyminen *in situ* voi olla mahdollista hyvinkin pitkään; vuonna 2000 Mustalla merellä tehdyissä tutkimuksissa löytyi 324 metrin syvyydestä lähes kokonaan sedimentoitunut, masto

pystyssä makaava puuhylky, joka ajoitettiin radiohiilimenetelmällä Bysantin aikaiseksi (410-520 kal. jkr.) (Ballard, 2008: 160).

Puumateriaalia valtamerissä tehokkaasti hajottavien nilviäisten puuttuminen vähäsuolaisista meriekosysteemeistä on osaltaan edesauttanut puuhylkyjen säilymistä hyväkuntoisina näihin päiviin saakka. Esimerkiksi Itämeressä hyvin säilynyt meriarkeologinen materiaali voi antaa vaikutelman vuosisatoja meren pohjalla jatkuneesta tasapainotilasta tai haaksirikkotapahtuman pysäyttämästä ”aikakapselistä”, joka on säilyttänyt kohteen muuttumattomana vuosisatojen ajan.

Suotuisat olosuhteet eivät kuitenkaan tarkoita etteivätkö hajoamisprosessit etenisi hylkykohteilla. Mitä kauemmin materiaali altistuu luonnollisille ja kulttuurisille hajoamisprosesseille, sitä vaikeampaa on myös mahdollinen konservointityö jatkossa. Mikroskooppisella tasolla tarkasteltuna muutokset esimerkiksi puuesineissä ja -rakenteissa voidaan usein havaita selvästi, ja lahottajasienten ja bakteeritoiminnan seurauksena puusolukon rakenteellinen kestävyys on voinut heikentyä huomattavasti alkuperäisestä. Puu vaurioituu näkyvästi biologisen hajoamisen vaikutuksesta, eikä ihminen pysty mitenkään estämään sitä (Steffen & Montonen, 2012: 223).

Lisäksi puurakennneosien kiinnikkeinä käytetyt metallinaulat ja -pultit ovat voineet syöpyä kokonaan pois luonnollisten korroosioprosessien seurauksena. Tämä vaikuttaa oleellisesti hyllyn rungon rakenteelliseen kestävyYTEEN ja siihen kuinka kauan hylky voi säilyä ehyenä kokonaisuutena *in situ*. Vettynyt puu voi lisäksi olla ympäröivästä merivedestä ja hyllyn ruostuvista rautaosista peräisin olevien potentiaalisesti haitallisten yhdisteiden kyllästämää, kuten esimerkiksi *Vasan* ja *Mary Rosen* tapauksissa on havaittu (Fors, 2008: 3, 56). Nämä asiat tulee huomioida etenkin mahdollisia kaivaus-, nosto- ja konservointivaihtoehtoja mietittäessä.

UNESCO:n vuoden 2001 sopimuksella pyritään yhtenäistämään kansainvälisiä käytäntöjä vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelussa. Tällä hetkellä (2013) sopimuksen on ratifioinut yhteensä 45 YK:n jäsenvaltiota. Maailman merkittävimmistä kalastusvaltioista (esimerkiksi Yhdysvallat, Japani, Kiina, Peru) yksikään ei ole ratifioinut sopimusta. Lisäksi on huomioitava, että kansainvälisillä avomerialueilla, kansallisten talousvyöhykkeiden ulkopuolella (talousvyöhyke on maksimissaan 200

merimailin levyinen kaista valtion rannikolta mitattuna (UNCLOS, artikla 57.)), millä tahansa valtiolla on mahdollisuus harjoittaa vapaasti meren(pohjan) luonnonresurssien hyödyntämistä. Näillä seikoilla voi olla merkittäviä seuraamuksia vedenalaisen kulttuuriperinnön säilymiselle eri merialueilla ja kalastusvyöhykkeillä ympäri maailmaa.

Syvänmeren hylkytutkimuksiin ja kaupalliseen meriarkeologiaan erikoistunut yhdysvaltalainen Odyssey Marine Exploration Inc. -yhtiö on kyseenalaistanut *in situ* -säilytyksen soveltuvuutta vedenalaisen kulttuuriperinnön suojeluun erityisesti kalastustoiminnan tuho vaikutukseen vedoten (Kingsley, 2010; Tolson, 2010). Esimerkiksi Floridan Jacksonvillen kaupungin edustalle 370 metrin syvyyteen uponnut, 1800-luvun puoliväliin ajoitettu ”Blue China” -hylky, on kärsinyt merkittävästi syvänmeren troolauksen aiheuttamista vahingoista. 75 prosenttia hyllyn rakenteista ja lastista oli tuhoutunut ja siirtynyt paikoiltaan vuosien 2003 ja 2005 välisenä aikana; merkittävä osa hyllyllä alun perin ehjänä säilyneistä posliiniastioista oli rikkoontunut ja levinnyt laajalle alueelle troolauksen seurauksena (Tolson, 2010: 145-156).

Ballardin mukaan (2008: 249) yksi yleisimmistä hylkylöytöjä hyödyntävien kaupallisten tahojen esittämistä argumenteista on se, että nostamalla esineet merestä ne säästyvät tuholta, ja samalla ne tuodaan myös muiden nähtäväksi, joka muuten olisi mahdotonta johtuen hylkyjen sijainneista syvällä meren pohjalla ja luoksepääsemättömillä merialueilla – todellisuudessa tällä selityksellä tavoitellaan vain moraalista oikeutusta pelastustoimiin kaupallisen hyödyn saamiseksi, eikä niinkään kohteen parhaan mahdollisen pitkän aikavälin hallinnointistrategian löytämiseksi.

Vaikka kansainväliset sopimukset ja suositukset kieltävät vedenalaisen kulttuuriperinnön kaupallisen hyödyntämisen, ”Underwater cultural heritage shall not be commercially exploited ” (UNESCO -sopimus 2001, artikla 2.7), niillä ei ole tällä hetkellä juurikaan juridista voimaa kansainvälisillä merialueilla sijaitsevilla vedenalaiskohteilla tapahtuvaa pelastus- tai aarteidenetsintätoimintaa vastaan. Eettiset näkökannat ja ”moraaliset sanktiot” riittävät kuitenkin harvoin perusteeksi kaupallisen toiminnan lopettamiselle, varsinkaan, jos hylkylöydöistä saatava taloudellinen hyöty on merkittävä.

Ahvenenmaalle 1800-luvun alussa uponneesta kauppalaivan hylystä nostettiin vuonna 2010 maakuntahallituksen luvalla aluksen lastina olleita samppanjapulloja, joita myytiin myöhemmin kansainvälisessä huutokaupassa keräilijöille korkeaan hintaan (HS 4.6.2011). ”Samppanjahylyn” tapaus kertoo kansainvälisten sopimusten ja suositusten tehostumuksesta arkeologisen esineistön kaupallisen hyödyntämisen kitkemisessä, varsinkin silloin, jos kaupallista toimintaa ei ole suoranaisesti kielletty kansallisella lainsäädännöllä (Ahvenanmaan itsemääräämisoikeus huomioiden): ”Ett maritimt kulturarv är fredat. Fredning innebär att det skyddade inte får utgrävas, överhöljas, ändras, skadas, borttas eller på annat sätt rubbas *utan tillstånd*” (Ålands Landskapslag om skydd av det maritima kulturarvet, nr. 19, 2007, 1. kap./2.§).

Vaikka myyntituotot ohjattaisiinkin tällaisissa tapauksissa kokonaan tai osittain hyväntekeväisyyteen, joka sinänsä on hyväksyttävää ja suotavaa, on toiminta silti eettisesti ristiriidassa useiden arkeologisen kulttuuriperinnön suojelua koskevien sopimusten kanssa. Sanktiot kaupallisia toimijoita kohtaan voivat olla myös merkittäviä, eikä akateemista tunnusta edes huolellisesti suoritetusta kenttätutkimuksista ei ole useinkaan mahdollista saada, mikäli hyllyn lastia on päätynyt tutkimusten jälkeen myyntiin tai huutokaupattavaksi.

Viimeaikoina uutisoidut (HS 18.9.2011, HS 5.10.2011, HS 9.11.2011, HS 14.10.2013) hyllynryöstely- ja hylkyvandalismitapaukset Suomen merialueilla sijaitsevilla historiallisesti merkittävillä hylkykohteilla kertovat osaltaan karua kieltään sukeltajien piittaamattomuudesta kansallista lainsäädäntöä ja hylkykohteiden kajoamuutta kohtaan. Kybernopeasta tiedonkulusta, jatkuvasta informaatiotulvasta ja ”valistuksen ajan” aallonharjasta huolimatta olemme edelleen kaukana (kulttuurisesta) tilanteesta, jossa *in situ* -säilytystä voitaisiin pitää yksiselitteisesti parhaana vaihtoehtona satoja vuosia ehjänä säilyneiden ja luonnollisen ”tasapainotilan” saavuttaneiden hylkykohteiden suojelussa.

Ehkä haasteellisinta vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelutyössä tulee jatkossa olemaankin hylkykohteita ryöstävien tahojen asenteiden muuttamisessa ikaikaisesta, antikvaarisesta keräilynhimosta ja äkkirikastumisen toivosta kohti kulttuurisesti kestävämpää ajattelumallia – tietämättömyyteen voidaan vielä puuttua valistuksen ja opetuksen keinoin, mutta synnynnäistä välinpitämättömyyttä ja ahneutta on jo

vaikeampi kitkeä pois edes kansainvälisten sopimusten tai lainsäädännön avulla, varsinkaan, jos rangaistukset rikoksista jäävät lähinnä moraaliselle ja eettiselle tasolle.

Niin suojaisilla sisämerialueilla kuin valtamerilläkin teollisen kalastustoiminnan tehostuminen, vedenalaisen rakentamisen lisääntyminen ja uusien energianlähteiden etsiminen ja valjastaminen hyötykäyttöön tulee kohdistumaan tulevaisuudessa enenevissä määrin myös arkeologisiin vedenalaiskohteisiin. Odyssey Marine Explorationin julkaisemissa valokuva- ja viistokaikuluotainmateriaalissa (Kingsley, 2010: 191-233) kalastustroolien ja simpukanpyyntivälineiden merenpohjaan ja hylkymateriaaliin jättämät jäljet toimivat kiistattomina todisteina vedenalaiseen kulttuuriperintöön kohdistuvista kulttuurisista uhista myös (syvänmeren) hylkyillä, joita on usein pidetty staattisina ja ajan myötä pitkäaikaisen tasapainotilan saavuttavina kohteina (Muckelroy, 1978: 157).

Syvänmeren kalastustoimintaa on kuitenkin vaikea rajoittaa kansainvälisillä vesillä hylkyjen olemassaoloon vedoten, varsinkaan jos niitä ei ole virallisesti tunnistettu tai merkitty paikannus- ja merikarttajärjestelmiin. Hylkykohteita voidaan jopa hyödyntää kalakeitaina ja keinotekoisina riuttoina suuremman saaliin toivossa, jolloin riski kohteen tuhoutumiselle luonnollisesti kasvaa. Troolarit kohdistavat kidusverkot tietoisesti näihin paikkoihin; jos verkot eivät ylösvedettäessä anna periksi, ne takertuvat pysyvästi kiinni (hylkyyn) samalla raahaten ja hajottaen kohteen rakenteita (Tolson, 2010: 150).

Kyseenalaistamatta kalastuselinkeinon taloudellista merkitystä ja tarpeellisuutta, on selvää että varsinkin teollinen kalastustoiminta on tänä päivänä merkittävä uhka hylkykohteiden säilymiselle useilla merialueilla ympäri maailmaa. Myös verrattain matalilla merialueilla, kuten Suomenlahdella, useat hylty ovat kärsineet kalastusverkkojen ja troolareiden aiheuttamista vahingoista; hylty voivat olla kauttaaltaan trooliverkkojen peittämiä, mikä estää tai vaikeuttaa huomattavasti arkeologisen tutkimustyön suorittamista kyseisillä kohteilla.

Peacockin mukaan (2010) esimerkiksi Skandinavian rannikkoalueilla massiivisten putkistojen, porauslauttojen, tuulivoimaloiden ja muiden rakennelmien asentaminen merenpohjaan tulee vääjäämättä häiritsemään vedenalaisten kulttuuriperintökohteiden, kuten laivanhylkyjen, pitkäaikaista säilymistä. Kulttuuristen uhkatekijöiden

vaarantaessa vedenalaisen kulttuuriperinnön säilymisen *in situ*, UNESCO-sopimuksen suositus (artikla 2.5) vedenalaisen kulttuuriperinnön säilyttämisestä ensisijaisesti *in situ* ei tule kyseeseen, ja joudutaan selvittämään vaihtoehtoisia strategioita vedenalaiskohteiden pitkäaikaisen suojelun tehostamiseksi.

Kun RMS *Titanic* löydettiin vuonna 1985, se yritettiin suojella kajoavaa sukellustoimintaa vastaan Yhdysvaltojen esittämällä vuoden 1986 *Titanic Memorial Act* -lailla. Laki kuitenkin epäonnistui tavoitteissaan, koska muut valtiot eivät suostuneet allekirjoittamaan lain velvoittamia kahdenkeskeisiä sopimuksia. Ironista on, että pääosin yhdysvaltalaiset henkilöt lähtivät tämän jälkeen muihin maihin, etupäässä Ranskaan ja Venäjälle, toteuttaakseen erinäisiä aktiviteettejä (pienoissukellusvenevierailuja) *Titanicilla*, jotka ovat aikaansaaneet merkittäviä ja peruuttamattomia muutoksia kohteella. (Ballard, 2008: 259.)

Mikäli vedenalaista kulttuuriperintöä halutaan tulevaisuudessa suojella kulttuurisia uhkia vastaan myös kansainvälisillä merialueilla, niiden suojeluun ja hallinnointiin tulee saada konkreettisemmat työvälineet. Rannikkovaltioiden tulisi hyväksyä ja ratifioida UNESCON vuoden 2001 vedenalaista kulttuuriperintöä koskeva sopimus, jotta vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelutyö saadaan yhdenmukaistetuksi ensin kansallisilla merialueilla, jonka jälkeen laajoilla avomerialueilla teollista kalastus- tai rakennustoimintaa suorittavat tahot voivat neuvotella yhteisistä menetelmistä, joissa huomioidaan vedenalaisen kulttuuriperinnön haavoittuvuus pohjatroolauksalastukselle ja meriteknisten installaatioiden rakentamiselle.

Arkeologinen inventointi tulisi suorittaa myös näillä alueilla ennen merenpohjaan kajoavien toimenpiteiden aloittamista. Konkreettisempia elementtejä suojelutyön edistämiseksi voidaan tässä suhteessa saada yhdistämällä ja tehostamalla vedenalaisen kulttuuriperinnön, uhanalaisten meriekosysteemien ja kalalajien suojelua tukevia sopimuksia, lakeja ja hyväksi todettuja toimintamalleja. Kansallista muinaismuistolainsäädäntöä tulisi lisäksi tiukentaa ja lain rikkomisesta langettaa selvästi nykyistä kovempia tuomiota hylynryöstelyn kitkemiseksi ja rikosseuraamuksellisen pelotteen lisäämiseksi.

Teknologisen kehityksen myötä on joka tapauksessa odotettavissa, että varsinkin

syvänmeren arkeologisia kohteita tullaan löytämään tulevaisuudessa vielä lisää. Robert Ballardin tutkimusryhmän hylkylöydöt 2000-luvun alussa Mustalla merellä todistavat miten optimaalisissa olosuhteissa – erityisesti ihmistoiminnan ulottumattomissa – hylkymateriaali voi säilyä hyvässä kunnossa *in situ* useita vuosisatoja.

10. ERI MENETELMIEN VERTAILU

Hylkykohteen peittämisellä luodaan fyysinen suoja sekä luonnollisia että kulttuurisia haittatekijöitä vastaan. Olosuhteet hylkyalueella voidaan parhaimmassa tapauksessa vakauttaa verrattain yksinkertaisin ja kustannustehokkain menetelmin, mikäli laajamittaisiin vedenalaisarkeologisiin kaivauksiin ja esinenostoihin ei katsota olevan tutkimuksellisia perusteita tai taloudellisia resursseja. Samalla säästytään kalliilta laboratoriokonservointikustannuksilta ja ylösnostettujen esineiden vaatimilta säilytystiloilta.

Kohteen peittäminen suojamateriaaleilla ei myöskään pois sulje perusteellisimpia arkeologisia tutkimuksia jatkossa. Kohteen peittämiseen käytetty suojamateriaali täytyy kuitenkin poistaa ennen kuin arkeologista kulttuurikerrosta päästään tutkimaan. Tämä voi olla työlästä, ja se voi myös rasittaa fyysisesti arkeologista materiaalia samalla, kun esiin paljastunut materiaali altistuu ympäristöolosuhteissa äkillisesti tapahtuneille muutoksille.

Aina aktiivisilla konservointitoimenpiteillä ei ole pelkästään hyödyllisiä vaikutuksia vedenalaisen kulttuuriperinnön säilymiseen. Daviddin mukaan (2002: 84) Italiassa kohteiden peittämisellä meren haittatekijöitä ja aarteensijöitä vastaan on ollut ajoittain myös päinvastaisia ja haitallisia vaikutuksia; peittäminen usein vain lisää utelioiden sukeltajien mielenkiintoa, jolloin jopa kaikki esineet on voitu ryöstää ja menettää.

Myös kohteen säännöllinen seuranta, kontrollinäytteiden otto ja säilytysolosuhteiden optimointi voi muodostua pitkällä aikavälillä yllättävän kalliiksi. Joissain tapauksissa voidaan myös joutua tekemään kompromisseja sekä itse suojausmekanismien että -materiaalien suhteen ja priorisoimaan jonkin tietyn alueen, materiaalin tai hyllynosan suojaaminen.

Koska materiaalin hajoamista ei voida täydellisesti estää edes optimaalisesti peitettynä, menetelmällä voidaan edistää, muttei taata materiaalin pitkäaikaista säilymistä *in situ*. Huolellisesti suoritetuilla kaivauksilla ja laboratoriokonservointikäsittelyillä voidaan kohteesta saada huomattavasti enemmän arkeologista informaatiota tallennetuksi ja esineet voidaan asettaa sen jälkeen näytteille kontrolloiduissa olosuhteissa suuremman

yleisön nähtäväksi.

Konservoidut esineet vaativat museoiden näyttely- ja säilytystiloissa säännöllistä seurantaa, joten huolellisesti suoritettu konservointikään ei aina takaa esinemateriaalin pitkäaikaista säilymistä, mikäli säilytys- ja varastointiolosuhteita laiminlyödään. Tässä suhteessa sekä *in situ*- että *ex situ* -säilytysolosuhteiden säännöllisellä seurannalla, optimoinnilla ja kontrolloinnilla on yhtä suuri ja ratkaiseva merkitys.

Uudelleen hautaamisen edut ja haitat ovat pitkäaikaisen *in situ* -säilytyksen osalta pitkälti samat kuin tavanomaisessa peittämisessä. Suurin ero liittyy kokonaisvaltaisemman arkeologisen informaation tallentamisen mahdollisuuteen kaivausten aikana ja esinenostojen jälkeen. Ne kuitenkin altistavat kohteen ja esineistön kiihtyvälle hajoamisprosesseille, mikäli esineiden säilytysolosuhteita ei optimoida noston jälkeisessä dokumentointi- ja analysointityössä. Myös itse nosto-operaatio voi aiheuttaa materiaalille fyysisiä vaurioita esimerkiksi nostovälineistä, ja muuttuneista, epäsuotuisista ympäristöolosuhteista johtuen.

Mikäli esineet stabiloidaan konservointitoimenpiteillä laboratoriossa, myös niiden arkeologinen dokumentointi ja jatkotutkimus konservoinnin jälkeen on helpompaa. Monet luonnontieteelliset analyysit tulee kuitenkin suorittaa välittömästi noston jälkeen ennen kemiallisia käsittelyitä näytekontaminaation välttämiseksi.

Katodista suojausta käsittelevässä kappaleessa esittelin HMS *Siriuksen* ankkurin korroosionestoa uhrautuvan anodin avulla. Kyseisessä tapauksessa suojattava esine siirrettiin alkuperäiseltä löytöpaikaltaan väliaikaiseen säilytyspaikkaan, josta se siirrettiin myöhemmin laboratorioon konservoitavaksi. Huolellisesti suoritettu nosto ja konservointi, kaikista riskeistä huolimatta, on usein parempi vaihtoehto kuin jättää tuhoutumisvaarassa olevat esineet täysin vaille toimenpiteitä *in situ*.

Katodisessa suojauksessa metalliesineen korroosio voidaan parhaimmassa tapauksessa pysäyttää kokonaan verrattain yksinkertaisella menetelmällä, kiinnittämällä epäjalommasta metallista valmistettu anodi arkeologiseen metalliesineeseen. Esine stabiloidaan käytännössä veden alla estämällä korroosion eteneminen syvemmälle metallin sisään, ja samalla haitalliset kloridi-suolat eliminoidaan elektrolyyttisten

reaktioiden avulla metallin pinnalta.

Hylkykohteella suoritettavan katodisen suojauksen edistymistä, tai paremminkin jatkumista, voidaan seurata lähinnä korroosiopotentiaali- ja pH-mittausten avulla, jotka kertovat esimerkiksi milloin anodi on syytä vaihtaa uuteen riittävän suojaustehon ylläpitämiseksi. Konservointilaboratoriossa katodinen suojaus on huomattavasti helpompi suorittaa, ja ennen kaikkea käsittelyn etenemistä voidaan seurata tarkemmin erilaisin kvantitatiivisin menetelmin. Suolojen liukenemista konservointiliuokseen voidaan seurata ja mitata säännöllisesti, jolloin tiedetään milloin käsittely voidaan lopettaa ja esineen huuhtelu aloittaa.

Hylkykohteella, meriveden ympäröimänä, vastaavat seurantamenetelmät ovat käytännössä mahdottomia toteuttaa. Mikäli esineeseen kiinnitetään liian kookas anodi, arkeologisen esineen pinta voi tuhoutua esineen pinnalla tapahtuvan vedynkehityksen (kuplimisen) seurauksena. Tällöin voidaan menettää esineeseen valmistuksen ja käytön aikana tallentunutta arkeologista informaatiota. Katodinen suojaus vaatiikin käyttäjältään ymmärrystä useista korroosiokemiaan liittyvistä prosesseista ja parametreista, jotta se olisi esineelle tehokas ja turvallinen konservointimenetelmä.

In situ -säilytys on helppo mieltää kaikkein halvimmaksi vaihtoehdoksi pitkän aikavälin konservointi- ja säilytysvaihtoehtoja arvioitaessa. Useimmille kohteille se onkin ainoa realistinen vaihtoehto. Mikäli luonnolliset ja kulttuuriset olosuhteet sallivat, *in situ* -säilytystä, -esittelyä ja -suojelua yhdistämällä hylkykohteen ”elinaikaa” voidaan jatkaa ja ylläpitää verrattain vähäisin teknisin ja kustannuksiltaan alhaisin toimenpitein.

Vedenalaisista kulttuuriperintökohteista vastuussa olevien tahojen on kuitenkin huomioitava vanhojen hylkyjen tieteellinen arvo ja potentiaali, ja oltava riittävässä valmiudessa *aktiivisiin* suojelutoimiin, mikäli kohteen säilyminen *in situ* vaarantuu äkillisesti. Tämä saattaa tarkoittaa esimerkiksi pelastuskaivauksia tai koko hylkykohteen ylösnostamista ja konservointia, mikä saattaa muodostua huomattavan kalliiksi ja pitkäkestoiseksi prosessiksi. Yksityistä, kunnallista ja valtiollista rahoitusta yhdistämällä voitaisiin kenties perustaa niin sanottu ”kulttuuriresurssipankki”, jonka turvin äkillisiin toimenpiteisiin voitaisiin reagoida lyhyellä viiveellä ja alan asiantuntijoiden johdolla.

Viimeaikoina tehtyjen kuntoselvitysten perusteella *Vrouw Marian* puumateriaali on kokonaisuudessaan edelleen hyväkuntoista – *in situ* -säilytys todellakin toimii *Vrouw Marian* tapauksessa, ainakin tällä hetkellä. Tutkielmassani esittämäni puun kuntokartoitus- ja stabilointitestien tulokset palvelevat osaltaan myös referenssinä sopivaa konservointivaihtoehtoa mietittäessä, mikäli hylky päätetään nostaa tulevaisuudessa ylös museoitavaksi. Lähes tuoreen veroisena säilynyt puu on todennäköisesti myös riittävän vahvaa kestämään nosto-operaation ja konservoinnin rasitteet. Stabilointitulosten perusteella ei ole myöskään syytä epäillä etteikö millä tahansa nyt testatulla menetelmällä saavutettaisi hyviä konservointituloksia hyllyn takilan, ja todennäköisesti myös hyllyn rungon, stabiloinnissa *ex situ*.

Tulokset ovat hyödynnettävissä ennen kaikkea edelleen pystyssä seisovien alamastojen ja hyllyn kannelle ja merenpohjalle romahtaneiden takilanosien konservointisuunnittelussa. Nosto-operaatioon ryhdyttäessä takilanosat tulisikin nostaa ylös ennen hyllyn runkoa mastojen kaatumis- tai romahtamisriskin eliminoimiseksi, ja koska runko muodostaa konservoinnin näkökulmasta myös huomattavasti monimutkaisemman komposiittirakenteen. Tämä helpottaisi noston suunnittelua ja toteutusta myös nostoteknisessä mielessä.

Vrouw Marian tulevaisuuden eri vaihtoehtoja punnittaessa on tehtävä päätös halutaanko hyllyn mittava arkeologinen ja historiallinen potentiaali hyödyntää kokonaisuudessaan – tieteen ja suuren yleisön hyväksi – vai jääkö hylky pienen ja etuoikeutetun tutkijaryhmän tutkimuskentäksi samalla, kun hylky hiljalleen, mutta väijäämättä, hajoaa luonnollisten (ja kulttuuristen haittatekijöiden) vaikutuksesta.

Alla olevaan listaukseen olen tiivistänyt tutkielmassani läpikäytyjen *in situ* -konservointi- ja -säilytysmenetelmien vahvuudet ja heikkoudet.

Peittäminen

- + kustannustehokas menetelmä kohteen vakauttamiseksi biologisia, kemiallisia ja fyysisiä haittatekijöitä vastaan
- +/- kohteen tutkiminen myöhemmin mahdollista, mutta sedimentin ja muun suojamateriaalin poistaminen ennen tutkimuksia työlästä
- + säästytään pitkäkestoisilta ja kalliilta kemiallisilta konservointikäsittelyiltä

- + vaihtoehtoinen säilytysjärjestely museon säilytystiloille
- ei mahdollista kokonaisvaltaista kartoitusta ja dokumentaatiota arkeologisesta materiaalista
- ei mahdollista esineiden näytteillepanoa tai esittelyä museoissa
- vaatii säännöllistä seurantaa ja sukeltavaa/teknistä henkilökuntaa (meriarkeologi/konservaattori) ylläpitämään kohdetta ja identifioimaan mahdollisia muutoksia
- mahdollisiin kohteella tapahtuviin muutoksiin pystyttävä reagoimaan teknisesti
- vaatii kattavaa ymmärrystä kohteella vallitsevista ympäristöolosuhteista
- ei sovellu kaikille metalliesineille, mikäli anaerobiset olosuhteet suosivat anaerobista mikrobikorroosiota
- ei sovellu kolmiulotteisten, kokonaisten hylkyjen suojaamiseen
- sedimentin sisällä vallitsevien olosuhteiden seuranta teknisesti haasteellisia – hajoaminen jatkuu hitaasti?

Uudelleen hautaaminen

- + kohteen arkeologinen informaatio voidaan tallentaa kokonaisuudessaan arkeologisilla kaivauksilla, dokumentoinnilla ja analyysillä ennen uudelleen hautaamista
- + vaihtoehtoinen säilytys-/varastointimenetelmä museon säilytystiloille
- + säästytään pitkäkestoisilta ja kalliilta kemiallisilta konservointikäsittelyiltä
- + oikeaoppisesti suoritettuna tehokas menetelmä kohteen vakauttamiseksi biologisia, kemiallisia ja fyysisiä haittatekijöitä vastaan
- +/- kohteen tutkiminen myöhemmin mahdollista, mutta sedimentin ja muun suojamateriaalin poistaminen ennen tutkimuksia työlästä
- vedenalaiset kaivaukset, esinenostot ja uudelleen hautaaminen työläisiä, haastavia ja kalliita suorittaa
- arkeologinen materiaali altistuu ympäristömuutoksille ja fyysisille rasitteille kaivausten, noston ja uudelleen hautaamisen aikana
- vaatii säännöllistä seurantaa ja sukeltavaa/teknistä henkilökuntaa (meriarkeologi/konservaattori)
- mahdollisiin kohteella tapahtuviin muutoksiin pystyttävä reagoimaan teknisesti
- vaatii kattavaa ymmärrystä kohteella vallitsevista ympäristöolosuhteista
- ei sovellu kaikille metalliesineille, mikäli anaerobiset olosuhteet suosivat anaerobista mikrobikorroosiota

- ei sovellu kolmiulotteisten, kokonaisten hylkyjen suojaamiseen
- sedimentin sisällä vallitsevien olosuhteiden seuranta teknisesti haasteellisia
- hajoaminen jatkuu hitaasti?

Katodinen suojaus

- + metalliesineen tai -hylyn korroosiota voidaan hidastaa huomattavasti
- + menetelmä teknisesti verrattain yksinkertainen ja kustannustehokas
- elektrokemialliset E_{kor} - ja pH-mittaukset vaativat ymmärrystä korroosiokemiasta ja eri ympäristöparametrien vaikutuksesta korroosioprosesseihin
- mittaukset teknisesti haastavia suorittaa *in situ*
- mittausten virhemarginaali voi olla suuri
- katodinen suojaus uhrautuvien anodien avulla vaatii säännöllistä seurantaa ja sukeltavaa/teknistä henkilökuntaa (tarkastusmittaukset ja anodin vaihto uuteen säännöllisin väliajoin)

In situ -säilytys

- + lähtökohtaisesti edullisin menetelmä hylkykohteen säilyttämiseksi löytöpaikallaan
- + ei vaadi monimutkaisia ja kalliita teknisiä suojarakennelmia ja niiden ylläpitoa
- + mahdollistaa hylkykohteen vaihtoehtoisten tutkimus-, suojelu- ja esittelymenetelmien kehittämisen
- + kohde ei kärsi arkeologisen tutkimustoiminnan aiheuttamista rasitteista (kaivaukset, nosto jne.)
- kohteen arkeologista ja tieteellistä potentiaalia ei pystytä hyödyntämään kokonaisuudessaan, mikäli tutkimus rajoittuu vain ei-kajoavien tutkimusmenetelmien käyttöön:
 - ei tuota konkreettista aineistoa museokokoelmiin tai näyttelyihin – kohde saattaa jäädä suurelle yleisölle etäiseksi tai ”virtuaaliseksi”
 - ei kehitä vedenalaisarkeologista metodiikkaa tai konservointimenetelmiä
- ei sovellu dynaamiselle kohteille, jotka altistuvat radikaaleille luonnollisille ja kulttuurisille haittatekijöille tai nopeille ympäristönmuutoksille
- pitkäaikainen ylläpito, seuranta ja viranomaisvalvonta ei ole koskaan ilmaista
- saattaa antaa vaikutelman ”heitteillejätöstä”, tai kansainvälisiin sopimuksiin viitaten, yleisesti hyväksytyltä syytä ”olla tekemättä mitään” (engl. termit *benign neglect* tai *management of neglect*)

11. YHTEENVETO

Tutkielmassani olen esitellyt *in situ* -konservoinnin ja -säilytyksen perusperiaatteita eri menetelmiä ja erityyppisiä hylkykohteita esimerkkeinä käyttäen. Esimerkkitapausten avulla olen pyrkinyt havainnollistamaan niitä toimintatapoja ja menetelmiä, joilla historiallisesti ja arkeologisesti merkittävien vedenalaiskohteiden pitkäaikaista säilymistä voidaan tehostaa *in situ*. *In situ* -säilytystä käsittelevässä kappaleessa demonstroin *Vrouw Maria* -hyllyltä nostetun puunäytteen kunto- ja stabilointitestien avulla miten konkreettisia materiaalianalyysituloksia voidaan hyödyntää hyllyn kuntoa ja säilyvyyttä arvioitaessa ja tulevaisuuden jatkotoimenpidevaihtoehtoja mietittäessä. Olen vertaillut eri menetelmien hyviä ja huonoja puolia kriittisesti myös vedenalaiskohteiden laajemman suojelu- ja hallinnointityön näkökulmasta. Olen huomioinut myös kansainvälisillä merialueilla olevat syvänmeren arkeologiset kohteet ja käsitellyt hylkyihin yleisesti kohdistuvia luonnollisia ja kulttuurisia uhkatekijöitä.

Vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelua koskevat sopimukset ja suositukset eivät ole kansainvälisellä tasolla mitattuna mielestäni vielä riittävän laajalti omaksuttuja, jotta voitaisiin puhua kansainvälisesti yhtenäisestä vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelustrategiasta. Esimerkiksi UNESCON vuoden 2001 sopimuksella tähän yhtenäistämiseen pyritään, mutta konkreettiset muutokset viranomaistoiminnassa ja kohteiden valvontatyössä seuraavat käytännössä jo kansallisella tasolla usein hitaasti perässä. Hylkyihin kohdistuneista ryöstö- ja vandalismitapauksista uutisoidaan edelleen, ja suojelutyöhön saatavien määrärahojen niukkuus on yleinen ongelma kaikkialla, mikä estää tehokkaampien suojelustrategioiden ottamista käytäntöön.

Tulevaisuuden suojeluhaasteista suurimpia ovat kansainväliset merialueet, jotka ovat useiden eri valtioiden kalastuslaivastojen ja monikansallisten syvänmeren luonnonvarojen hyödyntävien yhtiöiden työ- ja tutkimuskenttinä. Vedenalaisen kulttuuriperinnön suojelu näillä ”harmailla alueilla” on monimutkaista ja lainsäädännön ja valvonnan kannalta haastavaa. Yhtä haastavaa, tai kenties jopa mahdotonta, on päästä valistuksen ja lainsäädännön keinoin siihen tilanteeseen, jossa hylkyjen ryöstely ja esineiden kaupallinen hyödyntäminen olisi eliminoitu täydellisesti kansainvälisellä tai edes kansallisella tasolla.

Kuten pitkäaikaista *in situ* -säilytystä käsittelevästä kappaleesta ilmeni, *in situ* -säilytyksen priorisointi ei tule kyseeseen alueilla, joilla kulttuuriset ja/tai luonnolliset häiritteet vaarantavat vedenalaisen kulttuuriperinnön pitkäaikaisen säilymisen. Näillä kohteilla vain oikeaoppiset vedenalaisarkeologiset kaivaukset, esinenostot ja laboratoriokonservointikäsittelyt mahdollistavat arkeologisen informaation tallentamisen ja säilymisen mahdollisimman pitkään.

Koska jokainen hylkykohde tulee tutkia omien ympäristöllisten, arkeologisten ja materiaalien ominaispiirteidensä valossa, yhtä ainoaa ja parasta mahdollista konservointimenetelmää kaikille aktiivisia *in situ* -toimenpiteitä vaativille kohteille ei voida esittää. Eri konservointi- ja suojeluvaihtoehtoja mietittäessä onkin huomioitava ne useat ympäristölliset, kulttuuriset ja materiaaliset osatekijät, jotka vaikuttavat kohteen säilymiseen ennen mahdollisia konservointitoimenpiteitä ja niiden jälkeen.

Tutkielmassani esittämäni puun kuntokartoituskokeiden ja stabilointitestien tulokset kertovat osaltaan *Vrouw Marian* puun hyvästä nykykunnosta. Tällä hetkellä hylkyyn ei kohdistu merkittäviä uhkatekijöitä, jotka vaarantaisivat hyllyn säilymisen *in situ*. Mikäli hylky päätettäisiin nostaa museointia varten, puu pystyttäisiin todennäköisesti stabiloimaan onnistuneesti ja vähäisin deformaatoriskein joko PEG- tai sukroosikyllästyksellä. Hyllyn takilanosat tulisi nostaa ylös ennen hyllyn rungon nostamista ja konservoida esimerkiksi 60 %:lla sukroosilla, joka osoittautui suorittamissani testeissä stabilointikyvyltään parhaimmaksi vaihtoehdoksi.

Vaikka hyllyn nostosta ei olekaan tehty päätöstä, se pysyy yhtenä tulevaisuuden vaihtoehtona nykyisen *in situ* -säilytyksen ohella. Hylyllä yli 240 vuotta jatkunut ”tasapaino” saattaa kuitenkin häiriintyä herkästi, mikäli *Vrouw Marian* hylky-ympäristöön vaikuttavissa kulttuurisissa tai luonnollisissa tekijöissä tapahtuu radikaaleja tai äkillisiä muutoksia. Kuten tiedotusvälineistä olemme saaneet seurata, tällä hetkellä erityisesti hyllynryöstely, vandalismi ja varomaton sukellustoiminta muodostavat kaikkein dramaattisimmat ja todennäköisimmät uhat myös syvissä vesissä ja verrattain suojaisissa olosuhteissa säilyneille hylkykohteille. Tällä hetkellä *Vrouw Maria* on vielä turvassa – kysymys kuuluukin, kuinka kauan?

LÄHTEET

- Alvik, R. 2012, ”Kauppa-alukset St. Mikael ja Vrouw Maria ja niiden lastit” teoksessa Ehanti, E., Aartomaa, J., Lounatvuori, I. ja Tirkkonen, E. (toim.) 2012, *Mereen menetetyt, uudelleen löydettyt*. Suomen merimuseo. Museovirasto.
- Alvik, R., Kokko, R. ja Tulonen, E. 2011, *Vrouw Maria, 1700-luvun hylyn arkeologiset vedenalaistutkimukset 31.8.-11.9.2010*. Tutkimusraportti. Museovirasto.
- Alvik, R., Kokko, R. ja Leinonen, A. 2012, *1700-luvun hylyn arkeologiset vedenalaistutkimukset 4.7. - 15.7.2011*. Tutkimusraportti. Museovirasto.
- Arponen, A. 2008, ”Arkeologisen materiaalin konservointi”. Halinen, P. *et al* (toim.), *Johdatus arkeologiaan*. Gaudeamus, Helsinki University Press.
- Astrup, E. 1993, ”A medieval log house in Oslo – Conservation of waterlogged softwoods with polyethylene glycol (PEG)” teoksessa Hoffman, P. (toim.) *Proceedings of the 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Portland/Maine 1993*. s.41-50.
- Ballard, R.D. & Durbin, M.J. 2008, ”Long-term Preservation and Telepresence Visitation of Cultural Sites Beneath the Sea”. Ballard, R. (toim.), *Archaeological Oceanography*, Princeton University Press.
- Bernier, M-A. 2006, ”To Dig or Not to Dig? The Example of the Shipwreck of the Elisabeth and Mary” teoksessa Grenier, R. *et al* (toim.). *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s.64-66. ICOMOS.
- Bilz, M. & Macchioni, N. 2004, ”The relationship between Maximum Moisture Content and Wood Density for Waterlogged Archaeological Wood” teoksessa Hoffman, P. *et al* (toim.) *Proceedings of the 9th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Copenhagen 2004*. s.613-626.
- Broadwater, J.D. 2006, ”The USS Monitor: In Situ Preservation and Recovery”. Grenier, R. *et al* (toim.), *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s. 79-81. ICOMOS.
- Corfield, M. 1996, ”Preventive conservation for archaeological sites”. Roy, A. ja Smith, P. (toim.) *Archaeological Conservation and its Consequences. Preprints of the Contributions to the Copenhagen Congress, 26-30 August 1996*. s. 32-37.
- Corfield, M. 2004, ”Seahenge (Norfolk): from the sea to the beach to... where?”. Nixon, T. (toim.), *Preserving archaeological remains in situ? Preceedings of the 2nd Conference 12-14 September 2001*. s. 152-156. Lavenham Press.
- Cronyn, J.M. 1990, *The Elements of Archaeological Conservation*. Routledge.
- Davidde, B. 2002, ”Underwater archaeological parks: a new perspective and a challenge for conservation – the Italian panorama”. *The International Journal of Nautical*

Archaeology. **31.1**: s. 83-88.

Delgado, J. *et al* (toim.) 1997, *Encyclopaedia of underwater and maritime archaeology*. British Museum Press.

Ehanti, E., Aartomaa, J., Lounatvuori, I. Ja Tirkkonen, E. (toim.) 2012, *Mereen menetetyt, uudelleen löydettyt*. Suomen merimuseo, Museovirasto.

Fell, W. & Ward, M. 1998, "Iron sulphides: Corrosion products on artifacts from waterlogged deposits". *Metal 98, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation*, s. 111-115. James & James (Science Publishers) Ltd.

Fors, Y. 2008, *Sulfur-Related Conservation Concerns for Marine Archaeological Wood: The Origin, Speciation and Distribution of Accumulated Sulfur with Some Remedies for the Vasa*. Doctoral thesis, University of Stockholm, Department of Physical, Inorganic and Structural Chemistry.

Gregory, D. 1998, "Re-burial of timbers in the marine environment as a means of their long-term storage: experimental studies in Lynæs Sands, Denmark". *The International Journal of Nautical Archaeology* **27.4**, s. 343-358.

Gregory, D. 1999, "Monitoring the effect of sacrificial anodes on the large iron artefacts on the Duart Point wreck, 1997". *The International Journal of Nautical Archaeology* **28.2**, s. 164-173.

Gregory, D. 2000, "In situ corrosion studies on the submarine Resurgam – a preliminary assessment of her state of preservation". *Conservation and management of archaeological sites* **4**, s. 95-100.

Hakkarainen, T. *et al* (toim.) 2006, *Korroosiokäsikirja, Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12*. Kunnossapitoyhdistys ry. KP-Media Oy, Helsinki.

Harvey, P. 1996, "A review of stabilisation works on the wreck of the *William Salthouse* in Port Phillip Bay". *Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology*. **20.2**: s.1-8.

Hoffman, P. 1993, "Sucrose for stabilizing waterlogged wood. II. Stabilization and the degree of degradation" teoksessa Hoffman, P. (toim.) *Proceedings of the 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Portland/Maine 1993*. s. 357-379.

Hoffmann, P., Peres de Andres, C, Sierra Mendes, J.L., Ramiere, R., Khoi Tran, Q. & Weber, U. 1993, "European inter-laboratory study on the conservation of waterlogged archaeological wood with sucrose" teoksessa Hoffman, P. (toim.) *Proceedings of the 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Portland/Maine 1993*. s. 309-333.

HS = Helsingin Sanomat:

4.6.2011, "Samppanja-aarre teki hintaennätyksen". STT

18.9.2011, "Vandaalit iskivät mysteerihyllylle". T. Moisio / HS

5.10.2011, "Piittaamattomat sukeltajat turmelleet jopa viittä hylkyä". T. Moisio / HS

9.11.2011, ”Museovirasto haluaa poliisin tutkivan hylkyihin kajoamiset”. STT-HS
14.10.2013. ”Hylyt paljastuivat rosvoille”. T. Lehtinen / HS

Jensen, P. & Schnell, U. 2004, ”The implications of using low molecular weight PEG for impregnation of waterlogged archaeological wood prior to freeze drying” teoksessa Hoffman, P. *et al* (toim.) *Proceedings of the 9th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Copenhagen 2004*. s. 279-308.

Kingsley, S. 2010, ”Deep-Sea Fishing Impacts on the Shipwrecks of the English Channel & Western Approaches”. Stemm, G. & Kingsley, S. (toim.), *Oceans Odyssey*. s.191-233. Oxbow Books.

Kinnunen, V. 2008, *Vrouw Maria hyllyltä kesällä 2007 nostetun puunäytteen kunnon ja puun hajottajamikrobien tutkimus sekä puun alkuaineanalyysi*. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Biotieteiden tiedekunta, Bio-ja ympäristötieteiden laitos, Akvaattisten tieteiden osasto, Huhtikuu 2008. Helsingin yliopisto. Verkkojulkaisu osoitteessa:
<http://www.nba.fi/fi/File/590/vrouw-maria-puunayteanalyysi.pdf>

Kokko, R. 2007a, ”In situ-korroosiotutkimukset Kronprins Gustav Adolfin hyllyllä 2001-2006”. *ICOMOS Suomen jaoston jäsentiedote 4/2007*, ”Vedenalainen kulttuuriperintö”, s. 5-9. ICOMOSin Suomen Osasto r.y., Helsinki.

Kokko, R. 2007b, ”Vedenalaista konservointia linjalaiva Kronprins Gustav Adolfin hyllyllä”. *Konservaattoriliiton lehti, nro 90, 3/2007*, s. 19-23.

Kokko, R. 2012, ”In situ conservation on the wreck of Kronprins Gustav Adolf (1788)” teoksessa Henderson, J. (toim.) *IKUWA 3: Beyond Boundaries. The 3rd International Congress on Underwater Archaeology. 9th to the 12th July, 2008, London*. Römisch-Germanische Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts / Nautical Archaeology Society. Bonn.

Kostet, J. ja Tikkanen, S. 2012, ”Vrouw Maria veden alla -hanke” teoksessa Ehanti, E., Aartomaa, J., Lounatvuori, I. Ja Tirkkonen, E. (toim.) 2012, *Mereen menetetyt, uudelleen löydetty*. Suomen merimuseo. Museovirasto.

Laitinen, M. 2007, Hylkykohteen formaatioprosessit vedenalaisessa arkeologiassa ja historiallisen haaksirikon refleksiivinen tutkimus. Pro gradu -tutkielma. Humanistinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. (Julkaisematon).

Leino, M., Ruuskanen, A.T., Flinkman, J., Kaasinen, J., Klemelä, U.E., Hietala, R. ja Nappu, N. 2011, ”The natural environment of the shipwreck *Vrouw Maria* (1771) in the Northern Baltic Sea: an assesment of her state of preservation”. *International Journal of Nautical Archaeology* **40**.1. s. 133-150.

MacCarthy, M. 1982, ”A wreck inspection programme as an aid to the co-ordinated management of a large number of wreck sites”. *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, **11**.1. s. 47-52.

MacLeod, I.D. 1987, ”Conservation of corroded iron artefacts – new methods for on-

site preservation and cryogenic deconcreting". *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration* **16.1**. s. 49-56.

MacLeod, I.D. 1989, "The Electrochemistry and Conservation of Iron in Sea Water". *Chemistry in Australia, Proceedings of the Royal Australian Chemical Institute, Volume 56 - No. 7*, s. 227-229.

MacLeod, I.D. 1995, "In situ corrosion studies on the Duart Point wreck, 1994". *The International Journal of Nautical Archaeology* **24.1**. s. 53-59.

MacLeod, I.D. 1996a, "An in-situ study of the corroded hull of HMVS Cerberus". *Proceedings of the 13th International Corrosion Congress*, Paper 125, s. 1-10.

MacLeod, I.D. 1996b, "In situ conservation of cannon and anchors on shipwreck sites" teoksessa Ashok, R. ja Smith, P. (toim.). *Archaeological Conservation and its Consequences, Preprints of the Contributors to the Copenhagen Congress, 26-30 August 1996*. s. 111-115.

MacLeod, I.D. 1998a, "In situ corrosion studies on iron shipwrecks and cannon: The impact of water depth and archaeological activities on corrosion rates". *Metal 98, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation*, s. 116-124. James & James (Science Publishers) Ltd.

MacLeod, I.D. 1998b, "In-situ corrosion studies on iron and composite wrecks in South Australian waters: implications for site managers and cultural tourism". *Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology*, **22**, s. 81-90.

MacLeod, I.D. 2006, "In-situ Corrosion Studies on Wrecked Aircraft of the Imperial Japanese Navy in Chuuk Lagoon, Federated States of Micronesia". *The International Journal of Nautical Archaeology* **35.1**: s. 128-136.

Manders, M. 2004, "Combining Monitoring, Safeguarding and Visualizing to Protect our Maritime Heritage" teoksessa Cederlund, C.O. (toim.), *MoSS Project – Final Report*. Museovirasto.

Manders, M. 2006a, "The In situ Protection of a Dutch Colonial Vessel in Sri Lankan Waters". Grenier, R. *et al* (toim.), *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s. 58-60. ICOMOS.

Manders, M. 2006b, "The In Situ Protection of a 17th Century Trading Vessel in the Netherlands". Grenier, R. *et al* (toim.), *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s. 70-72.

Morgos, A. & Imazu, S. 1993, "Comparing conservation methods for waterlogged wood using sucrose, mannitol, and their mixtures" teoksessa Hoffman, P. (toim.) *Proceedings of the 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Portland/Maine 1993*. s.287-308.

Muckelroy, K.1978, *Maritime Archaeology*. Cambridge University Press.

Muckelroy, K.1998, "The Archaeology of Shipwrecks". Babits, L.E. ja Van Tilburg, H.

(toim.), *Maritime Archaeology: A Reader of Substantive and Theoretical Contributions*. Plenum Press, New York and London.

Oxley, I. 1998, "The Investigation of the Factors That Affect the Preservation of Underwater Archaeological Sites". Babits, L.E. & Van Tilburg, H. (toim.), *Maritime Archaeology: A Reader of Substantive and Theoretical Contributions*. Plenum Press, New York and London.

Oxley, I. 2004, "Advances in research into the *in situ* management of shipwreck sites". Nixon, T. (toim.) *Preserving archaeological remains in situ?, Proceedings of the 2nd conference 12-14 September 2001*, s. 72-78. Lavenham Press.

Palma, P. 2004, "Final Report for the Monitoring Theme of the MoSS Project". Cederlund, C-O. (toim.), *MoSS Project Newsletters 2001:I-2004:III. Final Report*. s.8-37. Museovirasto.

Peacock, E. 2010, (odottaa julkaisua), "Deepwater Preservation and Management of Archaeological Sites. Presentation of the DePMAS Project". Proceedings of the 11th ICOM-CC International Wet Organic Archaeological Materials Conference 24th-29th of May 2010. ICOM-CC. (Julkaisu 2011-2012).

Pelanne, M. & Tikkanen, S. (toim.) 2007, *Vrouw Maria – selvitys tutkimuksista, tuloksista ja tulevaisuuden eri vaihtoehtoista*. Museoviraston Meriarkeologian yksikkö. Helsinki.

Russell, M.A. et al 2006, "A Minimum-Impact Method for Measuring Corrosion Rate of Steel-Hulled Shipwrecks in Seawater". *The International Journal of Nautical Archaeology*, 35.2: s. 310-318.

Selwyn, L. 2004, *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation Professional*. Canadian Conservation Institute, Ottawa.

Staniforth, M. 1987, "The Casks from the wreck of the William Salthouse". *The Australian Journal of Historical Archaeology* 5: s. 21-28.

Staniforth, M. 2006, "In Situ Site Stabilization: The William Salthouse Case Study". Grenier, R. et al (toim.), *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s. 52-54. ICOMOS.

Staniforth, M. 2007, "William Salthouse 1841". Nash, M. (toim.), *Shipwreck Archaeology in Australia*. University of Western Australia Press.

Steffen, K.T., Kettunen, S. ja Montonen, L. 2011, "Microbial degradation in the 18th century shipwreck *Vrouw Maria*". *Shipwrecks 2011. Chemistry and preservation of waterlogged wooden shipwrecks. 18.-21.10.2011, Stockholm, Sweden. Proceedings*. s. 38-42.

Steffen, K.T. ja Montonen, L. 2012, "Vrouw Marian kuntoon vaikuttava mikrobiologinen hajoaminen" teoksessa Ehanti et al (toim.) *Mereen mentetyt, uudelleen löydettyt*. s. 223-229. Suomen merimuseo, Museovirasto.

Stevens, W. ja Waddell, P. 1987, “Marine Archaeological research at Red Bay, Labrador: A Summary of the 1985 Field Season”, *Parks Canada, Research Bulletin, No. 258*. s. 1-12.

Tikkanen, S. 2003, *MoSS Newsletter 1/2003*. s. 2.

Tolson, H. 2010, “The Jacksonville 'Blue China' Shipwreck & the Myth of Deep-Sea Preservation”. Stemm, G. & Kingsley, S. (toim.), *Oceans Odyssey*. s. 145-157. Oxbow Books.

Viduka, A. 2006, “Managing Threats to Underwater Cultural Heritage Sites: The Yongala as a Case Study” teoksessa Grenier, R. et al (toim.). *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts*. s. 61-63. ICOMOS.

Waddell, P. 1994, “Long-range shipwreck timber storage”. *The Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology*, **18.1**: s.1-4.

Watson, C. 2005, *Seahenge: An Archaeological Conundrum*. English Heritage. The Bath Press.

WWW-lähteet lainsäädäntöön ja kansainvälisiin sopimuksiin liittyen:

Code of good Practice for the management of the Underwater Cultural Heritage in the Baltic Sea Region (COPUCH):

<http://mg.kpd.lt/LT/7/Underwater-Heritage.htm>

(6.1.2014)

Tarkistettu eurooppalainen yleissopimus arkeologisen perinnön suojelusta 26/1995:

http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1995/19950026/19950026_2

(6.1.2014)

ICOMOS Charter on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage:

<http://www.international.icomos.org/en/charters-and-texts>

(6.1.2014)

Muinaismuistolaki:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1963/19630295>

(6.1.2014)

UNESCO 2001 Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage:

<http://www.unesco.org/new/en/culture/themes/underwater-cultural-heritage/2001-convention/official-text/>

(6.1.2014)

United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS):

http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm

(6.1.2014)

Ålands författningssamling. Landskapslag om skydd av det maritima kulturarvet. 2007
Nr 19.:
http://www.regeringen.ax/.composer/upload/modules/lagar/afs2007_nr19.pdf
(6.1.2014)

LIITTEET

Stabilointikokeiden seurantatiedot:

PEG 1500 (Clariant)

Pvm.	%	huom.	
19.9.2011	20	alkupaino (vesi) 177,8g	(W/W) =1000g
4.10.2011	40	400g/1000g (20% liuoksessa vähän levää)	(W/W) =1000g
24.10.2011		märkápaino PEG	185,08 g
7.11.2011		kuivaus	137,20 g
21.11.2011		kuivaus	104,97 g
29.11.2011		kuiva	104,71 g

Kutistumisen mittaaminen nuppineuloilla:

A-B = 47,9 mm, A-C = 42,8 mm, B-C = 54,8 mm (4.10.2011 MÄRKÄ)

A-B = 47,6 mm, A-C = 42,7 mm, B-C = 54,0 mm (29.11.2011 KUIVA)

PEG 600 / 1500 "Two-step" (Clariant)

Pvm.	%	huom.	
21.7.2011	15	PEG 600	(V/V) = 1000 ml*
18.8.2011	30	PEG 600	(V/V) = 1000 ml
5.9.2011	45	PEG 600	(V/V) = 1000 ml
19.9.2011	50	PEG 1500	(W/W) = 1000 g**
4.10.2011	70	PEG 1500	(W/W) = 1000 g***
24.10.2011		märkápaino PEG	214,91 g
7.11.2011		kuivaus	182,02 g
21.11.2011		kuivaus	163, 63 g
29.11.2011		kuiva	163, 05 g

* = "volume-to-volume", tilavuuden mukaan laskettuna; ** = "weight-to-weight", painon mukaan laskettuna; *** = lämmitetty 1 tunti / 50°C liukenemisen nopeuttamiseksi.

Kutistumisen mittaaminen nuppineuloilla:

A-B = 52,3 mm, A-C = 49,8 mm, B-C = 65,3 mm (4.10.2011 MÄRKÄ)

A-B = 52,1 mm, A-C = 48,9 mm, B-C = 63,6 mm (29.11.2011 KUIVA)

SUKROOSI (suomalainen taloussokeri, sokerijuurikas, *Beta vulgaris*)

Pvm.	%	huom.	
21.7.2011	15	75g / 500g	(W/W) =500g
18.8.2011	30	150g / 500g	(W/W) =500g
5.9.2011	45	225g / 500g	(W/W) =500g
19.9.2011	60	300g / 500g	(W/W) =500g
4.10.2011	60	märkápaino SUKROOSI 60%	236,18 g
24.10.2011		kuivaus	198,69 g
7.11.2011		kuivaus	173,75 g
21.11.2011		kuivaus	162,29 g
29.11.2011		kuiva	161,68 g

Kutistumisen mittaaminen nuppineuloilla:

A-B = 52,2 mm, A-C = 46,7 mm, B-C = 61,6 mm (4.10.2011 MÄRKÄ)

A-B = 52,1 mm, A-C = 46,6 mm, B-C = 61,0 mm (29.11.2011 KUIVA)